2019年5月28日(火)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

9:00 ~ 9:30

[U03-01] 学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割

★招待講演

*林 和弘[1] (1.文部科学省科学技術・学術政策研究所)

9:30 ~ 10:00

[U03-02] 学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価

★招待講演

*棚橋 佳子[1] (1.クラリベイト・アナリティクス)

10:00 ~ 10:30

[U03-03] 我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。

★招待講演

*大石 道夫[1] (1.公益財団法人かずさDNA研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

10:45 ~ 11:05

[U03-04] Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

★Invited Papers

*井龍 康文[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

11:05 ~ 11:25

[U03-05] "Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

★Invited Papers

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.東京大学地震研究所)

11:25 ~ 11:55

[U03-06] 学術研究成果と「出版」のあり方の試論〜論文、データ、デジタル化

★招待講演

*村山 泰啓[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス)

11:55 ~ 12:15

[U03-07] **日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化**

★招待講演

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)、座長:Kunio Sayanagi(Hampton University)、黒田 剛史

9:00 ~ 9:15

[PPS01-06] Radiative transfer simulation including a non-LTE model for terahertz observations of Ganymede's atmosphere

*山田 崇貴[1]、Rezac Ladislav[2]、Larsson Richard[2]、Hartogh Paul[2]、吉田 尚弘[3]、笠井 康子[1,3] (1.情報通信研究機構、2.マックスプランク太陽系研究所、3.東京工業大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS01-07] Vertical Mass Flux by the 2010-2011 Great Storm of Saturn

*Sayanagi Kunio M.[1]、Gunnarson Jacob L.[1]、Blalock John J.[1]、Achterberg Richard K.[2]、Flasar F. Michael[2]、Ingersoll Andrew P.[3]、Ewald Shawn P.[3]、Dyudina Ulyana A.[3] (1.Hampton University、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.California Institute of Technology)

9:30 ~ 9:48

[PPS01-08] Microwave observations of the giant planets - Cassini/Radar and Juno/MWR

★Invited Papers

*Cheng Li[1]、Virgil Adumitroaie[2]、John Arballo[2]、Sushil K Atreya[3]、Scott J Bolton[4]、Andrew Ingersoll[1]、Michael Janssen[2]、Steven Levin[2]、Jonathan Lunine[5]、Glenn Orton[2]、Paul Steffes[6]、Hunter Waite[4] (1.California Institute of Technology、2.Jet Propulsion Laboratory、3.University of Michigan Ann Arbor、4.Southwest Research Institute、5.Cornell University、6.Georgia Institute of Technology)

9:48 ~ 10:06

[PPS01-09] **Tracing Formation and Evolution of Outer Solar System Bodies through Stable Isotopes and Noble Gas Abundances**

★Invited Papers

*Kathleen Mandt[1] (1.Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

10:06 ~ 10:24

[PPS01-10] Icy Giant Planet Exploration

★Invited Papers

*Sushil K Atreya[1]、Mark D. Hofstadter[2]、Amy Simon[3]、Kim R. Reh[2]、Olivier Mousis[4]、Krista Soderlund[5] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Jet Propulsion Laboratory、3.Goddard Space Flight Center、4.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille、5.University of Texas at Austin)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)、座長:Jun Kimura(Osaka University)、鎌田 俊一(北海道大学創成研究機構)

10:45 ~ 11:03

[PPS01-11] Saturn's ring rain and Enceladus' subsurface ocean as seen by the Cassini Cosmic Dust Analyser

★Invited Papers

*Sean Hsu[1]、Sascha Kempf[1]、Mihaly Horanyi[1]、Ralf Srama[2]、James O'Donoghue[3] (1.LASP, University of Colorado, Boulder, CO, USA、2.IRS, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany、3.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA)

11:03 ~ 11:18

[PPS01-12] **Titan Trek: A New Online NASA Visualization and Analysis Portal for Saturn's Largest Moon**

*Emily Law[1]、Brian Hamilton Day[2] (1.NASA Jet Propulsion Laboratory、2.NASA Ames Research Center)

11:18 ~ 11:36

[PPS01-13] Internal structure of icy moons: ice-ocean systems as commonly seen in the outer solar system

★Invited Papers

*Hauke Hussmann[1] (1.DLR Institute of Planetary Research)

11:36 ~ 11:51

[PPS01-14] Callisto as a keystone to reproduce the formation process of the Jovian system

*関根 康人[1]、鎌田 俊一[2]、青山 雄彦[3]、生駒 大洋[3]、谷川 享行[4] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.北海道大学創成研究機構、3.東京大学大学院理学系研究科、4.一関高等工業専門学校)

11:51 ~ 12:09

[PPS01-15] Origin of Jupiter Trojan asteroids: To be explored by OKEANOS

★Invited Papers

*癸生川 陽子[1]、岡田 達明[2]、伊藤 元雄[3]、青木 順[4]、河井 洋輔[4]、松本 純[2]、Grand Noel[5]、Buch Arnaud [6]、豊田 岐聡[4]、Cottin Hervé[5]、圦本 尚義[7,2]、矢野 創[2]、岩田 隆浩[2]、森 治[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.大阪大学、5.LISA, Université Paris-Est Créteil、6.Ecole Centrale Paris、7.北海道大学)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)

[PPS01-P01] Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1]、Olivier Mousis[2] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)

[PPS01-P02] OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、臿本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東京大学、3.横浜国立大学、4.海洋研究開発機構、5.大阪大学、6.広島大学、7.北海道大学、8.関西学院大学、9.東北大学、10.金沢大学、11.理化学研究所、12.国立天文台、13.千葉工業大学、14.産業技術総合研究所、15.ドイツ航空宇宙センター、16.フランス宇宙天体物理学研究所、17.LISA、18.LATMOS、19.イタリア宇宙科学研究所、20.グルノーブル惑星天文研究所、21.ブラウンシュバイク工科大学、22.ハノーバー大学)

[PPS01-P03] 木星磁気圏の磁場モデルについて

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS01-P04] ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所)

[PPS01-P05] すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4] (1.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.情報通信研究機構、4.NASA/JPL)

[PPS01-P06] Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[PPS01-P07] Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1]、Carl Schmidt[2]、Masato Kagitani[3]、Yasumasa Kasaba[3]、Tomoki Kimura[3]、Go Murakami[4]、Fuminori Tsuchiya[3]、Hajime Kita[3]、Reina Hikida[5]、Ichiro Yoshikawa[5]、Kazuo Yoshioka[5] (1.LASP, University of Colorado Boulder、2.Boston University、3.Tohoku University、4.ISAS/JAXA、5.University of Tokyo)

[PPS01-P08] Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.一橋大学商学研究科、3.千葉工業大学惑星探査研究センター)

[PPS01-P09] The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.IRF Uppsala, Sweden)

[PPS01-P10] Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2.Imperial College London、3.九州大学、4.東京大学、5.東京工業大学)

[PPS01-P11] Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6] (1.大阪大学、2.北海道大学、3.国立天文台、4.宇宙航空研究開発機構、5.千葉工業大学

惑星探査研究センター、6.German Aerospace Center (DLR), Berlin)

[PPS01-P12] Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、 JUICE SWI Japanese Team (1.情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)

[PPS01-P01] Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1]、Olivier Mousis[2] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)

[PPS01-P02] OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、臿本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東京大学、3.横浜国立大学、4.海洋研究開発機構、5.大阪大学、6.広島大学、7.北海道大学、8.関西学院大学、9.東北大学、10.金沢大学、11.理化学研究所、12.国立天文台、13.千葉工業大学、14.産業技術総合研究所、15.ドイツ航空宇宙センター、16.フランス宇宙天体物理学研究所、17.LISA、18.LATMOS、19.イタリア宇宙科学研究所、20.グルノーブル惑星天文研究所、21.ブラウンシュバイク工科大学、22.ハノーバー大学)

[PPS01-P03] 木星磁気圏の磁場モデルについて

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS01-P04] ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所)

[PPS01-P05] すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4] (1.東北大学惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.情報通信研究機構、4.NASA/JPL)

[PPS01-P06] Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[PPS01-P07] Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1]、Carl Schmidt[2]、Masato Kagitani[3]、Yasumasa Kasaba[3]、Tomoki Kimura[3]、Go Murakami[4]、Fuminori Tsuchiya[3]、Hajime Kita[3]、Reina Hikida[5]、Ichiro Yoshikawa[5]、Kazuo Yoshioka[5] (1.LASP, University of Colorado Boulder、2.Boston University、3.Tohoku University、4.ISAS/JAXA、5.University of Tokyo)

[PPS01-P08] Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.一橋大学商学研究科、3.千葉工業大学惑星探査研究センター)

[PPS01-P09] The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.IRF Uppsala, Sweden)

[PPS01-P10] Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2.Imperial College London、3.九州大学、4.東京大学、5.東京工業大学)

[PPS01-P11] Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6] (1.大阪大学、2.北海道大学、3.国立天文台、4.宇宙航空研究開発機構、5.千葉工業大学

惑星探査研究センター、6.German Aerospace Center (DLR), Berlin)

[PPS01-P12] Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、 JUICE SWI Japanese Team (1.情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

10:45 ~ 12:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Masateru Ishiguro(Seoul National University)

10:45 ~ 11:00

[PPS03-01] ラブルパイル小惑星リュウグウの形状と起源

★招待講演

*渡邊 誠一郎[1,5]、平林 正俊[2]、平田 成[3]、平田 直之[4]、野口 里奈[5]、嶌生 有理[5]、池田 人[6]、巽 瑛理[7]、吉川 真[5]、菊地 翔太[5]、薮田 ひかる[8]、中村 智樹[9]、橘 省吾[7,5]、石原 吉明[10]、諸田 智克[1]、北里 宏平[3]、坂谷 尚哉[5]、松本 晃治[11,12]、和田 浩二[13]、千秋 博紀[13]、本田 親寿[3]、道上 達広[14]、竹内 央[5]、神山 徹[15]、本田 理恵[16]、Robert Gaskell[17]、Eric Palmer[17]、Olivier Barnouin[18]、Patrick Michel[19]、Paul Abell[20]、山本 幸生[5]、田中 智[5]、白井 慶[5]、松岡 萌[5]、杉田 精司[5,7]、岡田 達明[5]、並木 則行[11]、荒川 政彦[4]、石黒 正晃[21]、小川 和律[4]、照井 冬人[5]、佐伯 孝尚[5]、中澤 暁[5]、津田 雄一[5]、はやぶさ2サイエンスチーム (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2.オーバン大学、3.会津大学、4.神戸大学、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構 研究開発部門、7.東京大学、8.広島大学、9.東北大学、10.国立環境研究所、11.国立天文台、12.総合研究院大学、13.千葉工業大学、14.近畿大学、15.産業技術総合研究所、16.高知大学、17.惑星科学研究所、18.ジョンホプキンス大学、19.コート・ダジュール大学/観測所、20.NASA ジョンソンスペースセンター、21.ソウル大学)

11:00 ~ 11:15

[PPS03-02] Results of Hayabusa2 Near Infrared Spectroscopy at Asteroid Ryugu

*岩田 隆浩[1]、北里 宏平[2]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、仲内 悠祐[1]、松岡 萌[1]、津村 耕司[3]、松浦 周二[4]、Riu Lucie[1]、NIRS3 チーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.会津大学、3.東北大学、4.関西学院大学)

11:15 ~ 11:30

[PPS03-03] はやぶさ２SCI/DCAM3による人工クレーターの形成と観測

★招待講演

*荒川 政彦[1]、佐伯 孝尚[2]、門野 敏彦[3]、高木 靖彦[4]、和田 浩二[5]、飯島 祐一[2]、今村 裕志[2]、岡本 千里[1]、嶌生 有理[2]、白井 慶[2]、中澤 暁[2]、早川 雅彦[2]、平田 成[6]、矢野 創[2]、澤田 弘崇[2]、小川 和律[1]、石橋 高[5]、木村 宏[5]、小林 正規[5]、坂谷 尚哉[2]、早川 基[2]、本田 理恵[7]、杉田 精司[8]、諸田 智克[9]、亀田 真吾[10]、巽 瑛理[8]、本田 親寿[6]、横田 康弘[2]、神山 徹[11]、山田 学[5]、鈴木 秀彦[12]、吉岡 和夫[13]、長 勇一郎[8]、松岡 萌[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.産業医科大学医学部、4.愛知東邦大学 、5.千葉工業大学惑星探査研究センター 、6.会津大学　コンピュータ理工学部 、7.高知大学自然科学系理工学部門 、8.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 、9.名古屋大学大学院環境学研究科 、10.立教大学理学部 、11.産業技術総合研究所 、12.明治大学理工学部物理学科 、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

11:30 ~ 11:45

[PPS03-04] サイズ分布をもつガラスビーズ層へのクレーター形成実験：小惑星Ryuguのクレーター形成過程の解明

*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]、長谷川 直[2]、山本 裕也[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[PPS03-05] Enhancement of impact heating in strength-supported media

*黒澤 耕介[1]、玄田 英典[2]、脇田 茂[2]、Thomas Davison[3]、兵頭 龍樹[2]、中村 智樹[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学　地球生命研究所、3.Department of Earth Science & Engineering, Imperial College London、4.東北大学 地球惑星物質科学科・地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[PPS03-06] Global Thermal Inertia and Surface Roughness of Asteroid 162173 Ryugu by TIR on Hayabusa2

*嶌生 有理[1]、千秋 博紀[2]、坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1,3]、福原 哲哉[4]、田中 智[1]、田口 真[4]、荒井 武彦[5]、出村 裕英[6]、小川 佳子[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[7]、神山 徹[8]、滝田 隼[9]、松永 恒雄[10]、今村 剛[3]、和田 武彦[1]、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.千葉工業大学、3.東京大学、4.立教大学、5.足利大学、6.会津大学、7.北海道教育大学、8.産業技術総合研究所、9.北海道北見北斗高校、10.国立環境研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

13:45 ~ 15:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Olivier Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

13:45 ~ 14:00

[PPS03-07] Asteroid Ryugu's parent body and its properties inferred from Haybusa2 multi-band imaging observations

★Invited Papers

*杉田 精司[1,6]、本田 理恵[2]、諸田 智克[3]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[1]、本田 親寿[7]、横田 康弘[2,5]、神山 徹[8]、坂谷 尚哉[5]、山田 学[6]、鈴木 秀彦[10]、吉岡 和夫[1]、長 勇一郎[1]、松岡 萌[5]、小川 和律[9]、Domingue Deborah[11]、宮本 英昭[1]、Barnouin Olivier[12]、Michel Patrick[13]、Ernst Carolyn[12]、渡邊 誠一郎[3]、津田 雄一[5] (1.東京大学、2.高知大学、3.名古屋大学、4.立教大学、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.千葉工業大学 惑星探査センター、7.会津大学、8.産総研、9.神戸大学、10.明治大学、11.惑星科学研究所、12.ジョンズホプキンス大学 応用物理学研究所、13.ニース天文台)

14:00 ~ 14:15

[PPS03-08] 小惑星リュウグウにおける表面赤化と層序

*諸田 智克[1]、長 勇一郎[2]、金丸 仁明[3]、本田 理恵[4]、亀田 真吾[5]、巽 瑛理[2]、横田 康弘[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、山田 学[9]、坂谷 尚哉[6]、本田 親寿[10]、早川 雅彦[6]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[6]、道上 達広[11]、宮本 英昭[2]、菊地 紘[2]、逸見 良道[2]、平林 正稔[12]、平田 直之[13]、平田 成[10]、Ernst Carolyn[14]、Barnouin Olivier[14]、澤田 弘崇[6]、杉田 精司[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.大阪大学、4.高知大学、5.立教大学、6.宇宙航空研究開発機構、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.千葉工業大学、10.会津大学、11.近畿大学、12.オーバーン大学、13.神戸大学、14.ジョンズホプキンス大学)

14:15 ~ 14:30

[PPS03-09] Preliminary report on global distribution visible spectra of asteroid Ryugu based on clustering

*本田 理恵[1]、横田 康弘[1,2]、巽 瑛理[3]、Barucci Antonella[12]、Perna Davide[13]、松岡 萌[2]、Domingue Deborah[14]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[6]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[7]、LeCorre Lucille[14]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、山本 幸生[2]、平田 成[7]、平田 直之[8]、中村 智樹[9]、廣井 孝弘[11]、澤田 弘崇[2]、藤井 祐貴[1]、杉田 精司[3]、林 諒[1] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.東京大学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.明治大学、7.会津大学、8.神戸大学、9.東北大学、10.千葉工業大学、11.ブラウン大学、12.Paris Observatory、13.National Institute for Astrophysics、14.Planetary Science Institute、15.産業技術総合研究所)

14:30 ~ 14:45

[PPS03-10] Visible spectra of small bright spots on asteroid 162173 Ryugu

*杉本 知穂[1]、巽 瑛理[1]、長 勇一郎[1]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、本田 親寿[9]、小川 和律[10]、Deborah Domingue[11]、Patrick Michel[12]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.高知大学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.千葉工業大学、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.会津大学、10.神戸大学、11.惑星科学研究所、12.ニース天文台)

14:45 ~ 15:00

[PPS03-11] Geomorphological characteristics of asteroid Ryugu: implications to its evolutional history

*宮本 英昭[1]、逸見 良道[1]、菊地 紘[1]、小松 吾郎[2]、本田 親寿[3]、道上 達広[4]、諸田 智克[5]、長 勇一郎[1]、バーノイン オリビエ[6]、佐々木 晶[7]、平田 成[3]、平田 直之[8]、本田 理恵[10]、亀田 真吾[11]、巽 瑛理[1]、横田 康弘[12]、神山 徹[13]、鈴木 秀彦[14]、山田 学[15]、坂谷 尚哉[12]、早川 雅彦[12]、吉岡 和夫[1]、松岡 萌[12]、平林 正稔[9]、澤田 弘崇[12]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.ダヌンツィオ大学、3.会津大学、4.近畿大学、5.名古屋大学、6.ジョンズホプキンス大学、7.大阪大学、8.神戸大学、9.オーバーン大学、10.高知大学、11.立教大学、12.宇宙科学研究所、13.産業総合研究所、14.明治大学、15.千葉工業大学)

15:00 ~ 15:15

[PPS03-12] リュウグウ画像テクスチャー解析によるサブメートルスケールのボルダー全球分布解析

*田辺 直也[1]、長 勇一郎[1]、巽 瑛理[1]、諸田 智克[4]、本田 親寿[9]、道上 達広[11]、Patrick Michel[12]、Carolyn Ernst[13]、Olivier Barnouin[13]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2,3]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、小川 和律[10]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.高知大学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.千葉工業大学 惑星探査センター、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.会津大学、10.神戸大学、11.近畿大学、12.ニース天文台、13.ジョンズホプキンス大学応用物理学研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

15:30 ~ 17:00 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Masanao Abe(Institute of Space and Astronautical Science, JAXA)

15:30 ~ 15:45

[PPS03-13] 162173 リュウグウ表面の岩石の明るさと形状の変化

*佐々木 晶[1]、杉田 精司[2]、巽 瑛理[2]、宮本 英昭[3]、本田 親寿[4]、諸田 智克[5]、平林 正稔[6]、神田 志穂[1]、平田 成[4]、廣井 孝弘[7]、中村 智樹[8]、野口 高明[9]、本田 理恵[10]、道上 達広[11]、渡邊 誠一郎[5]、並木 則行[12]、Patrick Michel[13]、亀田 真吾[14]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[16]、山田 学[17]、菊地 紘[3]、長 勇一郎[2]、吉岡 和夫[18]、早川 雅彦[19]、松岡 萌[19]、野口 里奈[19]、坂谷 尚哉[19]、澤田 弘崇[19]、横田 康弘[19,10]、吉川 真[19] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、4.会津大学、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.オーバーン大学、7.ブラウン大学、8.東北大学大学院理学研究科地学専攻、9.九州大学基幹教育院、10.高知大学自然科学系理工学部門、11.近畿大学工学部、12.国立天文台 RISE月惑星探査検討室、13.コートダジュール天文台、14.立教大学理学部、15.産業技術総合研究所、16.明治大学理工学部物理学科、17.千葉工業大学惑星探査研究センター、18.東京大学大学院新領域創成科学研究科、19.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

15:45 ~ 16:00

[PPS03-14] 小惑星162173リュウグウのクレーターと赤道バルジの地形

*並木 則行[1,2]、水野 貴秀[3]、千秋 博紀[4]、野田 寛大[1,2]、松本 晃治[1,2]、平田 成[5]、山田 竜平[5]、石原 吉明[6]、池田 人[3]、荒木 博志[1,2]、山本 圭香[1,2]、阿部 新助[7]、吉田 二美[4]、樋口 有理可[1]、佐々木 晶[10]、押上 祥子[1]、鶴田 誠逸[1]、浅利 一善[1]、田澤 誠一[1]、清水上 誠[1]、宮本 英昭[8]、出村 裕英[5]、木村 淳[10]、大坪 俊通[9] (1.国立天文台、2.総合研究院大学、3.宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、4.千葉工業大学、5.会津大学、6.産業技術総合研究所、7.日本大学、8.東京大学、9.一橋大学、10.大阪大学)

16:00 ~ 16:15

[PPS03-15] Observation of 1064 nm normal albedo around equator of the Ryugu using the Hayabusa2 LIDAR

*山田 竜平[1]、山本 圭香[2]、荒木 博志[2]、野田 寛大[2]、千秋 博紀[3]、並木 則行[2]、松本 晃治[2]、吉田 二美[3]、阿部 新助[4]、平田 成[1] (1.会津大学　コンピュータ理工学部、2.国立天文台、3.千葉工業大学、4.日本大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS03-16] LIDARデータおよび形状モデルを組み合わせた「はやぶさ2」探査機軌道改良

*松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、石原 吉明[2]、千秋 博紀[3]、山本 圭香[1]、平田 成[4]、平田 直之[5]、並木 則行[1]、大坪 俊通[6]、渡邊 誠一郎[7]、水野 貴秀[8]、山本 幸生[8]、池田 人[8]、尾川 順子[8]、菊地 翔太[8]、佐伯 孝尚[8]、津田 雄一[8] (1.国立天文台RISE月惑星探査検討室、2.国立環境研究所、3.千葉工業大学、4.会津大学、5.神戸大学、6.一橋大学、7.名古屋大学、8.宇宙航空研究開発機構)

16:30 ~ 16:45

[PPS03-17] はやぶさ2帰還リュウグウ試料のキュレーションに関する準備状況

*矢田 達[1]、安部 正真[1]、中藤 亜衣子[1]、与賀田 佳澄[1]、坂本 佳奈子[1]、西村 征洋[1]、岡田 達明[1]、中埜 夕希[2]、吉武 美和[1]、熊谷 和也[3]、岩前 絢子[3]、古屋 静萌[1]、橘 省吾[4,1]、圦本 尚義[1,2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.北海道大学、3.マリン・ワーク・ジャパン、4.東京大学)

16:45 ~ 17:00

[PPS03-18] Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation “Team KOCHI”

*伊藤 元雄[1]、富岡 尚敬[1]、上椙 真之[2]、上杉 健太朗[2]、大東 琢治[3]、山口 亮[4]、今栄 直也[4]、唐牛 譲[5]、白井 直樹[6]、矢田 達[5]、安部 正真[5] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.公益財団法人高輝度光科学研究センター、3.分子科学研究所UVSOR、4.国立極地研究所、5.宇宙航空研究開発機構、6.首都大学東京)

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

9:00 ~ 10:30 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)、座長:末次 竜(産業医科大学)、杉浦 圭祐(名古屋大学)

9:00 ~ 9:15

[PPS06-25] 付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3] (1.東京大学、2.国立天文台、3.東北大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-26] **塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性**

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学理学院)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-27] 微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4] (1.産業医科大学、2.東北大学、3.名古屋大学、4.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-28] 揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度

*城野 信一[1] (1.名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-29] ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究

*小林 浩[1]、田中 秀和[2] (1.名古屋大学理学研究科、2.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-30] 衝突による太陽系外起源小天体1I/'Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)

[PPS06-P01] The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1]、Fang-shii Ning[1] (1.National Chengchi University)

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

[PPS06-P03] **月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由**

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P04] **太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果から*アブダクションで検証する*理論モデルを*「マルチインパクト仮説」で，*提案，**
cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2.情報通信開発機構、3.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター)

[PPS06-P06] Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2] (1.大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.北海道大学 創成研究機構)

[PPS06-P07] Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P08] Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[PPS06-P09] Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学理学院 地球惑星科学系、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.理化学研究所 計算科学研究機構)

[PPS06-P11] 中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2] (1.海洋研究開発機構、2.Spotify USA Inc)

[PPS06-P12] 粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2] (1.総合研究大学院大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.日本大学)

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P14] Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1]、Vadim Vladimirovich Perepelkin[1]、Wai Yan Soe[1] (1.Moscow Aviation Institute)

[PPS06-P15] ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P16] 成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P17] **ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions**

*Corentin LOUIS[1,2,3]、Sebastien L. Hess[4]、Baptiste Cecconi[2,3]、Philippe Zarka[2,3]、Laurent Lamy[2,3]、Stéphane Aicardi[5]、Alan Loh[2] (1.IRAP, Toulouse、2.LESIA - Observatoire de Paris、3.USN, Observatoire de Paris、4.ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France、5.DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France)

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

*Qingyun Deng[1]、Fei Li[1]、Jianguo Yan[1]、Zhiyong Xiao[2] (1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University、2.Planetary Science Institute, China University of Geoscience)

[PPS06-P19] Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand [1]、Mayank Sharma[1]、Rahul Dev Garg[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[PPS06-P20] Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1]、Irina Michailovna Ryabikova[2] (1.Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university、2.Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university)

[PPS06-P21] **The consequences of Saturn's "ring rain"**

*James O Donoghue[1,2]、Luke Moore[3]、Jack Connerney[4,1]、Henrik Melin[5]、Tom Stallard[5]、Sean Hsu[6]、Steve Miller[7]、Kevin Baines[8] (1.NASA Goddard Space Flight Center, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan、3.Boston University, USA、4.Space Research Corporation, Maryland, USA、5.University of Leicester, UK、6.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA、7.University College London, UK、8.NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA)

[PPS06-P22] **Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry**

*Shiblee Ratan Barua[1,2]、Paul Romani[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA、2.Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA)

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.放送大学教養学部)

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3] (1.防災科研、2.情報通信研究機構、3.徳島大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)

[PPS06-P01] The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1]、Fang-shii Ning[1] (1.National Chengchi University)

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

[PPS06-P03] **月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由**

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P04] **太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果から*アブダクションで検証する*理論モデルを*「マルチインパクト仮説」で，*提案，**
cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2.情報通信開発機構、3.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター)

[PPS06-P06] Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2] (1.大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.北海道大学 創成研究機構)

[PPS06-P07] Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P08] Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[PPS06-P09] Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学理学院 地球惑星科学系、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.理化学研究所 計算科学研究機構)

[PPS06-P11] 中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2] (1.海洋研究開発機構、2.Spotify USA Inc)

[PPS06-P12] 粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2] (1.総合研究大学院大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.日本大学)

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P14] Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1]、Vadim Vladimirovich Perepelkin[1]、Wai Yan Soe[1] (1.Moscow Aviation Institute)

[PPS06-P15] ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P16] 成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P17] ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions

*Corentin LOUIS[1,2,3]、Sebastien L. Hess[4]、Baptiste Cecconi[2,3]、Philippe Zarka[2,3]、Laurent Lamy[2,3]、Stéphane Aicardi[5]、Alan Loh[2] (1.IRAP, Toulouse、2.LESIA - Observatoire de Paris、3.USN, Observatoire de Paris、4.ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France、5.DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France)

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

*Qingyun Deng[1]、Fei Li[1]、Jianguo Yan[1]、Zhiyong Xiao[2] (1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University、2.Planetary Science Institute, China University of Geoscience)

[PPS06-P19] Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand [1]、Mayank Sharma[1]、Rahul Dev Garg[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[PPS06-P20] Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1]、Irina Michailovna Ryabikova[2] (1.Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university、2.Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university)

[PPS06-P21] **The consequences of Saturn's "ring rain"**

*James O Donoghue[1,2]、Luke Moore[3]、Jack Connerney[4,1]、Henrik Melin[5]、Tom Stallard[5]、Sean Hsu[6]、Steve Miller[7]、Kevin Baines[8] (1.NASA Goddard Space Flight Center, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan、3.Boston University, USA、4.Space Research Corporation, Maryland, USA、5.University of Leicester, UK、6.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA、7.University College London, UK、8.NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA)

[PPS06-P22] **Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry**

*Shiblee Ratan Barua[1,2]、Paul Romani[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA、2.Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA)

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.放送大学教養学部)

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3] (1.防災科研、2.情報通信研究機構、3.徳島大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

9:00 ~ 10:30 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)、座長:片岡 龍峰(国立極地研究所)

9:00 ~ 9:15

[PEM12-25] Variation of carbon-14 in tree rings around the onset of the Spoerer Minimum

★Invited Papers

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、大山 幹成[3]、箱崎 真隆[4]、武山 美麗[2]、櫻井 敬久[2] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.東北大学、4.名古屋大学)

9:15 ~ 9:30

[PEM12-26] Current Status of WASAVIES: Warning System for Aviation Exposure to Solar Energetic Particles

★Invited Papers

*佐藤 達彦[1]、片岡 龍峰[2,3]、塩田 大幸[4,5]、久保 勇樹[4]、石井 守[4]、保田 浩志[6]、三宅 晶子[7]、Park InChun[5]、三好 由純[5] (1.原子力機構、2.極地研、3.総研大、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学、6.広島大学、7.茨城高専)

9:30 ~ 9:45

[PEM12-27] 太陽高エネルギー粒子(SEP)の発生に関する統計的研究

*木原 孝輔[1]、黄 于蔚[2]、西村 信彦[3]、八代 誠司[4]、新田 就亮[5]、一本 潔[2]、浅井 歩[2] (1.京都大学理学研究科宇宙物理学教室、2.京都大学大学院理学研究科附属天文台、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、4.米国カトリック大学物理学科、5.ロッキード・マーティン太陽天体物理学研究所)

9:45 ~ 10:00

[PEM12-28] 名古屋多方向ミューオン計で観測された宇宙線強度の長周期変動

*宗像 一起[1]、Rafael Mendonca[2]、加藤 千尋[1]、徳丸 宗利[3] (1.信州大学理学部物理科学科、2.ブラジル宇宙科学研究所、3.名古屋大学ISEE研究所)

10:00 ~ 10:15

[PEM12-29] Solar modulation of galactic cosmic rays during grand minima: A hybrid simulation

*三宅 晶子[1]、松本 倫明[2,3]、片岡 龍峰[4,5]、佐藤 達彦[6]、塩田 大幸[7]、宮原 ひろ子[8]、今田 晋亮[9]、上野 遥[10] (1.茨城工業高等専門学校、2.法政大学、3.プリンストン大学、4.国立極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.日本原子力研究開発機構、7.情報通信研究機構、8.武蔵野美術大学、9.名古屋大学、10.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[PEM12-30] Overview of radio propagation project

*Kornyanat Hozumi[1]、Hiroyuki Nakata[2]、Susumu Saito[3]、Takumi Kondo[1]、Ryo Nakao[2]、Takashi Maruyama[1]、Takuya Tsugawa[1]、Mamoru Ishii[1] (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Graduate School of Engineering, Chiba University, Chiba, Japan、3.National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology, Electronic Navigation Research Institute (ENRI), Tokyo, Japan)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

10:45 ~ 12:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)、座長:坂口 歌織

10:45 ~ 11:00

[PEM12-31] Dynamic Spectral Characteristics of Equatorial Plasma Bubbles

★Invited Papers

*横山 竜宏[1]、Charles Rino[2]、Charles Carrano[2] (1.京都大学、2.Boston College)

11:00 ~ 11:15

[PEM12-32] Recent advances in space weather monitoring using the Super Dual Auroral Radar Network

★Invited Papers

*Evan G Thomas[1]、Simon G Shepherd[1] (1.Dartmouth College)

11:15 ~ 11:30

[PEM12-33] **A Study of Solar Flare Effects on Radio Wave Propagation using SuperDARN & riometer**

*Shibaji Chakraborty[1]、Joseph Baker[1]、John Michael Ruohoniemi[1]、Nozomu Nishitani[2] (1.Virginia Tech、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:30 ~ 11:45

[PEM12-34] Exploring the use of cell phone GNSS receivers for global monitoring of the ionosphere

*Dawn Kellogg Merriman[1]、Omar A Nava[1]、Jennifer L Meehan[2]、Hsien-Liang R Tseng[1] (1.AFIT、2.NOAA)

11:45 ~ 12:00

[PEM12-35] 2004年11月7-8日に発生した磁気嵐に伴う午後側から夕方側における全球全電子数の極端な増加について

*惣宇利 卓弥[1]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.情報通信研究機構)

12:00 ~ 12:15

[PEM12-36] Large scale traveling ionospheric disturbances origin and propagation

*Iurii Cherniak[1,2]、Irina Zakharenkova[2,5]、Paul Prikryl[3,4]、William Schreiner[1] (1.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research、2.University of Warmia and Mazury in Olsztyn、3.Physics Department, University of New Brunswick、4.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada、5.West Department of IZMIRAN)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)

[PEM12-P01] Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2] (1.Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics、2.National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory)

[PEM12-P02] Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.関西学院大学、4.米国カトリック大学)

[PEM12-P03] Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories)

[PEM12-P04] Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences)

[PEM12-P05] Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4] (1.防衛大学校、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.国立天文台)

[PEM12-P06] Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ボルダー研究所)

[PEM12-P07] **Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection**

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ハーバード・スミソニアン天体物理学センター)

[PEM12-P08] Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1] (1.関西学院大学)

[PEM12-P09] High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.千葉大学)

[PEM12-P10] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P11] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino

Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P12] 1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1]、Kazuoki Munakata[1]、Akira Kadokura[2]、Ryuho Kataoka[2]、Paul Evenson[3] (1.Shinshu University、2.National Institute of Polar Research、3.University of Delaware)

[PEM12-P13] 黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P14] 惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性

*荒木 徹、原田 裕己[1] (1.京都大学)

[PEM12-P15] **Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes**

*野和田 基晴[1] (1.山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心)

[PEM12-P16] A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3] (1.成蹊大学、2.山東大学威海校、3.東海大学)

[PEM12-P17] Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2] (1.情報通信研究機構、2.九州大学)

[PEM12-P18] **Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan**

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5] (1.京都大学大学生存圏研究所、2.情報通信研究機構、3.吉備国際大学、4.徳山工業高等専門学校、5.名古屋大学、6.京都大学大学院工学研究科)

[PEM12-P19] Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3] (1.情報通信研究機構、2.九州大学、3.成蹊大学)

[PEM12-P20] Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2] (1.成蹊大学 理工学部、2.九州大学 理学研究院)

[PEM12-P21] Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4] (1.吉備国際大学、2.名古屋大学、3.電気通信大学、4.チェコ大気物理研究所)

[PEM12-P22] Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1] (1.国立極地研究所)

[PEM12-P23] Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.情報研究通信機構、3.電子航法研究所)

[PEM12-P24] なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？

*久保 勇樹[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P25] An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2] (1.大阪府立大学、2.情報通信研究機構)

[PEM12-P26] A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4] (1.電気通信大学、2.千葉大学、3.吉備国際大学、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)

[PEM12-P01] Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2] (1.Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics、2.National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory)

[PEM12-P02] Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.関西学院大学、4.米国カトリック大学)

[PEM12-P03] Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories)

[PEM12-P04] Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences)

[PEM12-P05] Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4] (1.防衛大学校、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.国立天文台)

[PEM12-P06] Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ボルダー研究所)

[PEM12-P07] **Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection**

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ハーバード・スミソニアン天体物理学センター)

[PEM12-P08] Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1] (1.関西学院大学)

[PEM12-P09] High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.千葉大学)

[PEM12-P10] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P11] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino

Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P12] 1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1]、Kazuoki Munakata[1]、Akira Kadokura[2]、Ryuho Kataoka[2]、Paul Evenson[3] (1.Shinshu University、2.National Institute of Polar Research、3.University of Delaware)

[PEM12-P13] 黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P14] 惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性

*荒木 徹、原田 裕己[1] (1.京都大学)

[PEM12-P15] **Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes**

*野和田 基晴[1] (1.山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心)

[PEM12-P16] A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3] (1.成蹊大学、2.山東大学威海校、3.東海大学)

[PEM12-P17] Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2] (1.情報通信研究機構、2.九州大学)

[PEM12-P18] **Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan**

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5] (1.京都大学大学生存圏研究所、2.情報通信研究機構、3.吉備国際大学、4.徳山工業高等専門学校、5.名古屋大学、6.京都大学大学院工学研究科)

[PEM12-P19] Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3] (1.情報通信研究機構、2.九州大学、3.成蹊大学)

[PEM12-P20] Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2] (1.成蹊大学 理工学部、2.九州大学 理学研究院)

[PEM12-P21] Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4] (1.吉備国際大学、2.名古屋大学、3.電気通信大学、4.チェコ大気物理研究所)

[PEM12-P22] Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1] (1.国立極地研究所)

[PEM12-P23] Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.情報研究通信機構、3.電子航法研究所)

[PEM12-P24] なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？

*久保 勇樹[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P25] An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2] (1.大阪府立大学、2.情報通信研究機構)

[PEM12-P26] A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4] (1.電気通信大学、2.千葉大学、3.吉備国際大学、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

13:45 ~ 15:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

コンビーナ:海老原 祐輔(京都大学生存圏研究所)、Danny Summers(Memorial University of Newfoundland)、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、齊藤 慎司(名古屋大学　大学院理学研究科)、座長:Danny Summers、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

13:45 ~ 14:05

[PEM13-01] Developing an improved understanding of Earth's outer radiation belt electrons with combined observations from Van Allen Probes, MMS, and Arase

★Invited Papers

*Drew L Turner[1]、Ian Cohen[2]、Alexander Boyd[1,3]、Joseph Fennell[1]、Geoff Reeves[3]、Yoshizumi Miyoshi[4] (1.Aerospace Corporation El Segundo、2.Johns Hopkins University Applied Physics Lab、3.Los Alamos National Laboratory、4.Nagoya University)

14:05 ~ 14:25

[PEM13-02] Recent results from Van Allen Probes and future prospects from the CeREs Cubesat

★Invited Papers

*Shrikanth G Kanekal[1]、Daniel N Baker[2]、Ashley Greeley[1]、Lauren Blum[1]、Quintin Schiller[1]、David G Sibeck[1]、Hong Zhao[2]、Xinlin Li[2]、Allison Jaynes[3] (1.NASA Goddard Space Flight Center、2.LASP, University of Colorado, Boulder、3.Univeristy of Iowa)

14:25 ~ 14:40

[PEM13-03] **Optimal Use of Time Lags Between MMS Spacecraft : Application to the Estimation of Wave-Vectors**

*Gerard Marcel CHANTEUR[1,2,3]、Drew L. Turner、Olivier Le Contel[1,2,3]、Alessandro Retino[1,2,3]、Laurent Mirioni[1,2,3] (1.CNRS、2.SORBONNE UNIVERSITE、3.ECOLE POLYTECHNIQUE)

14:40 ~ 14:55

[PEM13-04] Conjugate observation of EMIC waves by Arase and RBSP with associated POES and AARDDVARK detected electron precipitation

*Aaron T. Hendry[1]、Ondrej Santolik[1,2]、Yoshizumi Miyoshi[3]、Yoshiya Kasahara[4]、Yasumasa Kasaba[5]、Ayako Matsuoka[6]、Craig J Rodger[7]、Mark Clilverd[8]、Masafumi Shoji[3]、Shoya Matsuda[6]、Craig Kletzing[9]、Iku Shinohara[6] (1.Dept. of Space Physics, Inst. of Atmospheric Physics, Czech Acad. of Science、2.Fac. of Mathematics and Physics, Charles Univ.、3.Inst. for Space Earth Environmental Research, Nagoya Univ.、4.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa Univ.、5.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku Univ.、6.Inst. of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency、7.Dept. of Physics, Univ. of Otago、8.British Antarctic Survey (NERC)、9.Dept. of Physics and Astronomy, Univ. of Iowa)

14:55 ~ 15:10

[PEM13-05] Over-darkening pulsating aurora: simultaneous observations with Arase and an all-sky camera in Scandinavia

*細川 敬祐[1]、三好 由純[2]、大山 伸一郎[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、尾崎 光紀[4]、笠羽 康正[5]、八木谷 聡[4]、松田 昇也[6]、土屋 史紀[5]、熊本 篤志[5]、篠原 育[6]、藤井 良一[7] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.金沢大学、5.東北大学、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、7.情報・システム研究機構)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

15:30 ~ 17:00 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

コンビーナ:海老原 祐輔(京都大学生存圏研究所)、Danny Summers(Memorial University of Newfoundland)、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、齊藤 慎司(名古屋大学　大学院理学研究科)、座長:三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、Danny Summers

15:30 ~ 15:50

[PEM13-06] Deformation of electron pitch angle distributions caused by chorus waves observed by the Arase satellite

★Invited Papers

*栗田 怜[1]、三好 由純[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、篠原 育[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学、3.大阪大学理学研究科、4.金沢大学総合メディア基盤センター、5.宇宙科学研究所)

15:50 ~ 16:10

[PEM13-07] Electron scattering by isolated chorus elements observed near the magnetospheric equator

★Invited Papers

*笠原 慧[1]、三好 由純[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、桂華 邦裕[1]、堀 智昭[2]、篠原 育[5] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.大阪大学、4.金沢大学、5.宇宙科学研究所)

16:10 ~ 16:25

[PEM13-08] れいめい衛星データによる脈動オーロラに関連した低エネルギー電子バンド状降下現象

*坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、三好 由純[2]、海老原 祐輔[3]、浅村 和史[4]、平原 聖文[2] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学太陽地球環境研究所、3.京都大学生存圏研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

16:25 ~ 16:40

[PEM13-09] Origin of energetic electron precipitation with fast fluctuation: Data-driven simulations using the ERG plasma wave observations

*齊藤 慎司[1]、三好 由純[2]、松田 昇也[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[5]、松岡 彩子[3] (1.名古屋大学　大学院理学研究科、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙科学研究所、4.金沢大学、5.東北大学)

16:40 ~ 16:55

[PEM13-10] Conjugated quasi-periodic ELF/VLF emissions between the Arase satellite and both Van Allen Probes

*Claudia Martinez Calderon[1,2]、Frantisek Nemec[3]、Kazuo Shiokawa[2]、Yuto Katoh[1]、Yoshiya Kasahara[4]、Shoya Matsuda[2]、Fuminori Tsuchiya[1]、Atsushi Kumamoto[1]、Mariko Teramoto[2]、Ayako Matsuoka[5]、Yoshizumi Miyoshi[2]、Ondrej Santolik[6,3]、George Hospodarksy[7] (1.Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku University、2.Instute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3.Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic、4.Kanazawa University、5.Japan Aerospace Exploration Agency、6.Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic、7.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, USA)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)

[PCG22-P01] 議論

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

[PCG22-P02] Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、籔内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6] (1.広島大学、2.高輝度光科学研究センター、3.神戸大学、4.大阪大学、5.北京高 科学研究中心、6.理化学研究所)

[PCG22-P04] **Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Norimasa Ozaki[2]、Takayoshi Sano[3]、Yuhei Umeda[2]、Shintaro Morioka[2]、Nobuki Kamimura[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Graduate School of Engineering, Osaka University、3.Institute of Laser Engineering, Osaka University)

[PCG22-P05] Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1] (1.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P06] Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2] (1.HPSTAR、2.熊本大学)

[PCG22-P07] Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2] (1.金沢大学、2.熊本大学)

[PCG22-P08] First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1]、Pak Kin Leong[1]、Toshimori Sekine[2,3] (1.State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China、3.Graduate School of Engineering, Osaka University)

[PCG22-P09] Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P10] Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2] (1.東京大学、2.コペンハーゲン大学)

[PCG22-P11] 高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P12] Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.大阪大光科学センター、3.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P13] Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2] (1.筑波大学、2.高エネルギー加速器研究機構、3.自治医科大学、4.熊本大学)

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)

[PCG22-P01] 議論

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

[PCG22-P02] Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、籔内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6] (1.広島大学、2.高輝度光科学研究センター、3.神戸大学、4.大阪大学、5.北京高 科学研究中心、6.理化学研究所)

[PCG22-P04] **Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Norimasa Ozaki[2]、Takayoshi Sano[3]、Yuhei Umeda[2]、Shintaro Morioka[2]、Nobuki Kamimura[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Graduate School of Engineering, Osaka University、3.Institute of Laser Engineering, Osaka University)

[PCG22-P05] Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1] (1.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P06] Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2] (1.HPSTAR、2.熊本大学)

[PCG22-P07] Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2] (1.金沢大学、2.熊本大学)

[PCG22-P08] First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1]、Pak Kin Leong[1]、Toshimori Sekine[2,3] (1.State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China、3.Graduate School of Engineering, Osaka University)

[PCG22-P09] Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P10] Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2] (1.東京大学、2.コペンハーゲン大学)

[PCG22-P11] 高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P12] Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.大阪大光科学センター、3.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P13] Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2] (1.筑波大学、2.高エネルギー加速器研究機構、3.自治医科大学、4.熊本大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)、座長:関根 利守(HPSTAR & Osaa University)、Ai-Cheng Zhang(Nanjing University)

13:45 ~ 14:00

[PCG22-01] Shock-induced phase transformation in howardite-eucrite-diogenite meteorites

★Invited Papers

*Ai-Cheng Zhang[1,2]、De-Liang Chen[1]、Run-Lian Pang[1] (1.School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, China、2.CAS Center for Excellence in Comparative Planetary, China)

14:00 ~ 14:15

[PCG22-02] 隕石における結晶格子剪断誘起のケイ酸塩高圧相の準安定的形成

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、奥地 拓生[2]、宮原 正明[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.岡山大学惑星物質研究所、3.広島大学理学部地球惑星システム学科)

14:15 ~ 14:30

[PCG22-03] Can high-pressure polymorphs clarify an ordinary chondrite parent-body breakup?

*宮原 正明[1]、山口 亮[2]、齋藤 優人[1]、吹本 幹太[1]、境 毅[3]、大藤 弘明[3]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、大谷 栄治[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.国立極地研究所、3.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、4.JAMSTEC・高知コア研究所、5.マリン・ワーク・ジャパン、6.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

14:30 ~ 14:45

[PCG22-04] Linking occurrence and texture of dense silicate minerals in shocked meteorites with laser-shock experimental results of Mg_2SiO_4 analyzed by XFEL probe

*奥地 拓生[1]、Narangoo Purevjav[1]、尾崎 典雅[2]、松岡 健之[2]、瀬戸 雄介[3]、丹下 慶範[4]、薮内 俊毅[5]、富岡 尚敬[6]、関根 利守[7]、兒玉 了祐[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.大阪大学工学研究科、3.神戸大学理学研究科、4.高輝度光科学研究センター、5.理化学研究所放射光科学研究センター、6.海洋研究開発機構高知コア研究所、7.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

14:45 ~ 15:00

[PCG22-05] **Laser-shock evolution of organic molecules in carbonaceous meteorite**

*薮田 ひかる[1]、藤岡 光[2]、境家 達弘[2]、近藤 忠[2]、大野 宗祐[3]、黒澤 耕介[3]、門野 敏彦[4]、重森 啓介[5]、弘中 陽一郎[5]、山中 高光[6] (1.広島大学大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻、2.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻、3.千葉工業大学 惑星探査研究センター、4.産業医科大学、5.大阪大学レーザー科学研究所、6.北京高圧科学研究中心)

15:00 ~ 15:15

[PCG22-06] Shock barometer using cathodoluminescence and synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction analyses of minerals

★Invited Papers

*鹿山 雅裕[1] (1.東北大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)、座長:奥地 拓生(岡山大学)、Yongjae Lee(Yonsei University)

15:30 ~ 15:45

[PCG22-07] Dynamic Compression at Pohang X-ray Free Electron Laser Facility (PAL-XFEL)

★Invited Papers

*Yongjae Lee[1] (1.Yonsei University, Seoul, Korea)

15:45 ~ 16:00

[PCG22-08] Exploration of extreme melt states of silicate usign high-power laser and XFEL

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:00 ~ 16:15

[PCG22-09] Hugoniot measurements for silicate: Understanding silicate magma under the planetary impacts

*梅田 悠平[1]、尾崎 典雅[1]、関根 利守[2]、Bruno Albertazzi[3]、Alessandra Benuzzi-Mounaix[3]、Riccardo Bolis[3]、Marco Guaruaglini[3]、片桐 健登[1]、兒玉 了祐[1]、Michel Koeing[3]、宮西 宏併[4]、森岡 信太郎[1]、西川 豊人[1]、大井 修吾[5]、Alessandra Ravasio[3]、坂和 洋一[4]、佐野 孝好[4]、佐藤 友子[6] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.HPSTAR、3.エコールポリテクニーク、4.大阪大学レーザー科学研究所、5.滋賀大学、6.広島大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PCG22-10] An experimental design to determine iron melting at the Earth's core conditions via in-situ X-ray diffraction technique at high power laser facility

★Invited Papers

*Hao Liu[1] (1.Laser fusion research center)

16:30 ~ 16:45

[PCG22-11] Study on transport properties of liquid iron and iron alloy under high temperature and high pressure using the laser shock technique

*宮西 宏併[1]、尾崎 典雅[2]、大村 訓史[3]、Marion Harmand[4]、Andy Krygier[5]、西川 豊人[2]、梅田 悠平[2]、重森 啓介[1]、坂和 陽一[1]、佐野 孝好[1]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学レーザー科学研究所、2.大阪大学工学研究科、3.広島工業大学工学部、4.IMPMC, Sorbonne Université、5.LLNL)

16:45 ~ 17:00

[PCG22-12] Laser shock compression in LFRC

*Liang Sun[1] (1.Laser Fusion Research Center, CAEP)

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科)

9:30 ~ 9:45

[PCG25-01] 「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4] (1.東京大学、2.東京農工大学、3.京都産業大学、4.国立天文台)

9:45 ~ 10:00

[PCG25-02] Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.LPC2E, CNRS)

10:00 ~ 10:15

[PCG25-03] Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.東京大学大学院理学系研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.フランス国立科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[PCG25-04] 水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1] (1.東京大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:中川 広務(東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野)、関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

10:45 ~ 11:00

[PCG25-05] 国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

11:00 ~ 11:15

[PCG25-06] A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

*Chuanfei Dong[1]、Liang Wang[1]、Ammar Hakim[1]、Amitava Bhattacharjee[1]、James A Slavin[2]、Gina A DiBraccio[3]、Kai Germaschewski[4] (1.Princeton University、2.University of Michigan, Ann Arbor、3.NASA Goddard Space Flight Center、4.University of New Hampshire)

11:15 ~ 11:30

[PCG25-07] 地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.成蹊大学理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PCG25-08] The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2]、Robin Ramstad[1]、Yaxue Dong[1]、Tristan Weber[1]、Shogo Inui[2]、Kanako Seki[2]、Andrew Poppe[3]、Riku Jarvinen[4]、Jim McFadden[3]、Jasper Halekas[5]、Jared Espley[6]、David Mitchell[3]、Laila Andersson[1]、Bruce Jakosky[1] (1.University of Colorado、2.University of Tokyo、3.University of California Berkeley、4.Finnish Meteorological Institute、5.University of Iowa、6.NASA Goddard Space Flight Center)

11:45 ~ 12:00

[PCG25-09] Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.京都大学生存圏研究所)

12:00 ~ 12:15

[PCG25-10] Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1]、Chuanfei Dong[2]、Dave A Brain[1]、Steve Bougher[3]、Christina Lee[4]、Rob Lillis[4]、Shannon Curry[4]、Bruce Jakosky[1] (1.Univ. of Colorado Boulder、2.Princeton Univ.、3.Univ. of Michigan、4.Univ. of California Berkeley)

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:今村 剛(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

13:45 ~ 14:00

[PCG25-11] Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立研究開発法人情報通信開発機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター)

14:00 ~ 14:15

[PCG25-12] Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4] (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.成蹊大学、3.情報通信研究機構、4.LASP, コロラド大学、5.Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6.東京大学、7.アリゾナ大学、8.LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL)

14:15 ~ 14:30

[PCG25-13] **Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS**

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7] (1.東北大学大学院 理学研究科、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3.Computational Physics, Inc., USA、4.成蹊大学 理工学部、5.東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6.Naval Research Laboratory, Washington, USA、7.Department of Planetary Sciences, University of Arizona)

14:30 ~ 14:45

[PCG25-14] 深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[2] (1.滋賀県立大学工学部、2.滋賀県立大学大学院工学研究科)

14:45 ~ 15:00

[PCG25-15] アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.京都産業大学理学部、3.東京農工大学科学博物館、4.情報通信研究機構、5.東北大学)

15:00 ~ 15:15

[PCG25-16] Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.Middle Tennessee State University、3.University of Iowa、4.Naval Research Laboratory)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

[PCG25-P01] 弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4] (1.神戸大学大学院 システム情報学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.東京大学大学院 理学系研究科、4.理化学研究所 計算科学研究センター)

[PCG25-P02] 超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6] (1.大阪府立大学、2.NICT、3.JAXA 宇宙航空研究開発機構、4.東北大学、5.マックスプランク研究所、6.東京大学)

[PCG25-P03] Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.情報通信研究機構)

[PCG25-P04] Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2] (1.東京大学、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5.Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.)

[PCG25-P05] Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2] (1.滋賀県立大学大学院工学研究科、2.滋賀県立大学)

[PCG25-P06] 赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.国立研究開発法人情報通信研究機構、4.ベルギー王立宇宙科学研究所)

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

[PCG25-P09] ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2] (1.東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学学際科学フロンティア研究所)

[PCG25-P10] 磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

[PCG25-P11] 可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1] (1.明治大学理工学研究科、2.かわさき宙（そら）と緑の科学館、3.月惑星研究会)

[PCG25-P12] Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター)

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

[PCG25-P01] 弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4] (1.神戸大学大学院 システム情報学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.東京大学大学院 理学系研究科、4.理化学研究所 計算科学研究センター)

[PCG25-P02] 超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6] (1.大阪府立大学、2.NICT、3.JAXA 宇宙航空研究開発機構、4.東北大学、5.マックスプランク研究所、6.東京大学)

[PCG25-P03] Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.情報通信研究機構)

[PCG25-P04] Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2] (1.東京大学、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5.Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.)

[PCG25-P05] Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2] (1.滋賀県立大学大学院工学研究科、2.滋賀県立大学)

[PCG25-P06] 赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.国立研究開発法人情報通信研究機構、4.ベルギー王立宇宙科学研究所)

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

[PCG25-P09] ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2] (1.東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学学際科学フロンティア研究所)

[PCG25-P10] 磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

[PCG25-P11] 可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1] (1.明治大学理工学研究科、2.かわさき宙（そら）と緑の科学館、3.月惑星研究会)

[PCG25-P12] Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター)

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P01] Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1] (1.東京大学)

[AAS03-P02] **A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley**

*Jing LiU[1]、Yushu Zhou[2]、Lianmei Yang[1] (1.Institute of Desert Meteorology,CMA、2.Institute of Atmospheric Physics,CAS)

[AAS03-P03] **The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea**

*Jou Ping Hou[1]、Bo-Shiou Wei[1]、Li-Zhen Su[1] (1.Chung Cheng Institute of Technology)

[AAS03-P04] **Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer**

*Yong Liu[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China)

[AAS03-P05] Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1]、Hironobu Iwabuchi[1] (1.Tohoku Univ.)

[AAS03-P06] Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1]、Takeshi Yamazaki[1] (1.Tohoku University)

[AAS03-P07] **Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia**

*Lianmei Yang[1]、Xuefeng Guan[1] (1.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,)

[AAS03-P08] Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1] (1.東京大学 大気海洋研究所)

[AAS03-P09] ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

*神野 拓哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS03-P10] **Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations**

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3] (1.福岡大学理学部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.富山大学理工学研究部、5.福岡大学大学院理学研究科)

[AAS03-P11] **Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics**

*Woosub Roh[1]、Tatsuya Seiki[2]、Masaki Satoh[1]、Tempei Hashino[3] (1.AORI, the university of Tokyo、2.JAMSTEC、3.Kochi university of technology)

[AAS03-P12] High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P13] Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

*bo hai Wang[1]、hua Zhang[2] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences)

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P01] Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1] (1.東京大学)

[AAS03-P02] **A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley**

*Jing LiU[1]、Yushu Zhou[2]、Lianmei Yang[1] (1.Institute of Desert Meteorology,CMA、2.Institute of Atmospheric Physics,CAS)

[AAS03-P03] **The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea**

*Jou Ping Hou[1]、Bo-Shiou Wei[1]、Li-Zhen Su[1] (1.Chung Cheng Institute of Technology)

[AAS03-P04] **Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer**

*Yong Liu[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China)

[AAS03-P05] Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1]、Hironobu Iwabuchi[1] (1.Tohoku Univ.)

[AAS03-P06] Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1]、Takeshi Yamazaki[1] (1.Tohoku University)

[AAS03-P07] **Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia**

*Lianmei Yang[1]、Xuefeng Guan[1] (1.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,)

[AAS03-P08] Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1] (1.東京大学 大気海洋研究所)

[AAS03-P09] ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

*神野 拓哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS03-P10] **Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations**

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3] (1.福岡大学理学部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.富山大学理工学研究部、5.福岡大学大学院理学研究科)

[AAS03-P11] **Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics**

*Woosub Roh[1]、Tatsuya Seiki[2]、Masaki Satoh[1]、Tempei Hashino[3] (1.AORI, the university of Tokyo、2.JAMSTEC、3.Kochi university of technology)

[AAS03-P12] High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P13] Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

*bo hai Wang[1]、hua Zhang[2] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)、座長:三浦 裕亮

13:45 ~ 14:00

[AAS03-01] Boundary-Layer Control on Convective Self-Aggregation

★Invited Papers

*Da YANG[1,2] (1.University of California, Davis、2.Lawrence Berkeley National Laboratory)

14:00 ~ 14:15

[AAS03-02] 高解像度放射対流平衡実験における積雲アンサンブルの統計的性質

*柳瀬 友朗[1,2]、竹見 哲也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

14:15 ~ 14:30

[AAS03-03] The role of interactive SST in the cloud-resolving simulations of aggregated convection

★Invited Papers

*Chien-Ming Wu[1]、Yan-Ting Chen[1] (1.National Taiwan University)

14:30 ~ 14:45

[AAS03-04] Role of coastal convection to moisture buildup during the South China Sea summer monsoon onset

*Wei-Ting Chen[1]、Wei-Ming Tsai[1,2]、Chien-Ming Wu[1]、Peng-Jen Chen[1] (1.National Taiwan University、2.University of Miami)

14:45 ~ 15:00

[AAS03-05] Resolution dependencies of tropical convection in a global cloud/cloud-system resolving model

★Invited Papers

*宮川 知己[1]、三浦 裕亮[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.東京大学大学院理学系研究科)

15:00 ~ 15:15

[AAS03-06] 海洋大陸西部における対流活動が大規模場に及ぼす影響：YMCスマトラ集中観測期間の数値シミュレーション

*那須野 智江[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)、座長:横井 覚

15:30 ~ 15:45

[AAS03-07] A Mechanism for the Maintenance of Sharp Tropical Margins

★Invited Papers

*増永 浩彦[1]、Brian Mapes[2] (1.名古屋大学、2.マイアミ大学)

15:45 ~ 16:00

[AAS03-08] Observational Evidence of Mixed Rossby-Gravity Waves as a Driving Force for the MJO Convective Initiation and Propagation

*高須賀 大輔[1,2]、佐藤 正樹[1]、横井 覚[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[AAS03-09] A characteristic of the MJO as a part of enhanced large-scale zonal circulation

*末松 環[1]、三浦 裕亮[2] (1.Atmosphere and Ocean Reaserch Institute, The University of Tokyo、2.School of Science, The University of Tokyo)

16:15 ~ 16:30

[AAS03-10] **The role of the moisture on the occurrences and distribution of the Amazonian mesoscale convective systems**

*Amanda Rehbein[1,2]、Masaki Satoh[2]、Tercio Ambrizzi[1] (1.Univ. of Sao Paulo、2.Univ. of Tokyo)

16:30 ~ 16:45

[AAS03-11] Interdecadal Change of the Impact of Eurasian Snow on Spring Precipitation Over Southern China

*Dingrui Cao[1] (1.Zhejiang University)

16:45 ~ 17:00

[AAS03-12] 日本の暖候期の豪雨に影響するAtmospheric Riverとその循環場の解析

末藤 菜保[1]、*谷田貝 亜紀代[1]、高藪 縁[2] (1.弘前大学大学院理工学研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)、座長:美山 透、瀬藤 聡、碓氷 典久

10:45 ~ 11:00

[AOS17-01] The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

★Invited Papers

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1] (1.気象庁)

11:00 ~ 11:15

[AOS17-02] 関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響

*杉本 周作[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS17-03] 黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3] (1.国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2.国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS17-04] The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1]、Yasumasa Miyazawa[1]、Michael Miller[2]、Katsumi Tsukamoto[2] (1.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、2.Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo)

11:45 ~ 12:00

[AOS17-05] 大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[AOS17-06] 2017年黒潮大蛇行の長期予測

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1] (1.気象研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

*平野 雄也[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[AOS17-P02] 2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1] (1.気象庁気象研究所)

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

*平野 雄也[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[AOS17-P02] 2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1] (1.気象庁気象研究所)

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)、座長:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学)

13:50 ~ 14:05

[AOS18-01] **Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System**

*Jianing Wang[1]、Fan Wang[1] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

14:05 ~ 14:20

[AOS18-02] Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1]、Yujiro Kitade[1]、Shigeru Aoki[2] (1.Tokyo University of Marine Science and Technology、2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

14:20 ~ 14:40

[AOS18-03] **21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change**

★Invited Papers

*Reza Marsooli[1]、Ning Lin[2]、Kerry Emanuel[3] (1.Stevens Institute of Technology、2.Princeton University、3.Massachusetts Institute of Technology)

14:40 ~ 15:00

[AOS18-04] **The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model**

★Invited Papers

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)

[AOS18-P01] Mathematical modeling for initial profile of tsunami by instantaneous- or slow-faulting

*Chi-Min Liu[1] (1.Chienkuo Technology University)

[AOS18-P02] 衛星重力観測と衛星海面高度計から見る2004年スマトラーアンダマン地震と2012年インド洋地震に伴うジオイド高変化と海水面高度変化

★招待講演

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[AOS18-P03] An irregularly shaped warm eddy observed by Chinese underwater gliders

*Huabin MAO[1] (1.South China Sea Institute of Oceanology)

[AOS18-P04] sea surface cooling in the northern South China Sea observed using Chinese underwater glider

*Chunhua Qiu[1] (1.Sun Yat-sen University)

[AOS18-P05] Airborne SAR observation of dependence of ocean surface backscattering on wind direction

*灘井 章嗣[1] (1.情報通信研究機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

9:00 ~ 10:30 | 106 1F

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、座長:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[AOS20-01] 全球海洋観測システムのこれまでとこれから

★招待講演

*須賀 利雄[1,2] (1.東北大学　大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[AOS20-02] Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AOS20-03] 全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動

★招待講演

*纐纈 慎也[1] (1.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[AOS20-04] 過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3] (1.気象庁、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[AOS20-05] 海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価

*藤井 陽介[1] (1.気象庁気象研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS20-06] **Global ocean state estimation with new float observations**

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

[AOS20-P01] **深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて**

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

[AOS20-P02] Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P03] 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出

*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P04] **Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data**

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AOS20-P05] **Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.**

*Tong Wang[1]、Toshio Suga[1,2]、Shinya Kouketsu[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

[AOS20-P06] ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3] (1.JAMSTEC、2.CMRE、3.東京大学、4.ELNA)

[AOS20-P07] Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.モントレー湾水族館研究所、4.ノースカロライナ州立大学、5.東京大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

[AOS20-P01] **深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて**

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

[AOS20-P02] Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P03] 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出

*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P04] **Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data**

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AOS20-P05] **Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.**

*Tong Wang[1]、Toshio Suga[1,2]、Shinya Kouketsu[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

[AOS20-P06] ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3] (1.JAMSTEC、2.CMRE、3.東京大学、4.ELNA)

[AOS20-P07] Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.モントレー湾水族館研究所、4.ノースカロライナ州立大学、5.東京大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

コンビーナ:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、林 武司(秋田大学教育文化学部)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)

13:45 ~ 14:00

[AHW23-01] 降雨流出過程に関する山地斜面での観測における斜面内圧（間隙空気圧）の測定方法の検討
★招待講演

*岩上 翔[1]、野口 正二[1]、清水 貴範[1]、久保田 多余子[1]、飯田 真一[1]、荒木 誠[1] (1.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所)

14:00 ~ 14:15

[AHW23-02] **A method to quantify the influence of total water storage change on climate elasticity of streamflow**

*Yin Tang[1] (1.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science)

14:15 ~ 14:30

[AHW23-03] **Trade-off analysis of discharge-desiltation-turbidity and sediment simulation of a combined reservoir–river system under multi-phase and multi-layer conjunctive releasing operation**

*Chien-Lin Huang[1]、Nien-Sheng Hsu[1]、Gene Jiing-Yun You[1] (1.National Taiwan University, Taiwan)

14:30 ~ 14:45

[AHW23-04] Gradient change of soil moisture effect on next-day precipitation identified via a Random Forest-Granger causality model

*Lu Li[1]、Wei ShangGuan[1]、Shu Peng Zhang[1]、Jin Jing Pan[1]、Nan Wei[1]、Yong Jiu Dai[1] (1.Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University)

14:45 ~ 15:00

[AHW23-05] **Using data-driven methods to explore the predictability of surface soil moisture with FLUXNET site data**

*jinjing Pan[1] (1.Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University.)

15:00 ~ 15:15

[AHW23-23] Global Analyis of the Hydrological Sensitivity to Climate Variability

*Marisol Dominguez[1]、Hugo Alberto Gutierrez-Jurado[1] (1.University of Texas at El Paso)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

コンビーナ:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、林 武司(秋田大学教育文化学部)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:渡辺 恵

15:30 ~ 15:45

[AHW23-06] **A review on the global soil property maps for Earth system model**

Yongjiu Dai[1]、*Wei Shangguan[1]、Dagang Wang[2]、Nan Wei[1]、Qinchuan Xin[2]、Hua Yuan[1]、Shupeng Zhang[1]、Shaofeng Liu[1]、Fapeng Yan[3]、Xingji Lu[1] (1. Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University、2.School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University、3.College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University)

15:45 ~ 16:00

[AHW23-07] **Estimating near surface soil moisture at a high spatial resolution using an in-situ data based model**

*Indishe Prabath Senanayake[1]、In-Young Yeo[1,2]、Natthachet Tangdamrongsub[3,4]、Garry R Willgoose[1]、Gregory R Hancock[5]、Tony Wells[1]、Bin Fang[6]、Venkataraman Lakshmi[6]、Jeffrey P Walker[7] (1.School of Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia.、2.Department of Geographical Sciences, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA.、3.Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland, College Park, Maryland, USA.、4.Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA.、5.School of Environmental and Life Sciences, Faculty of Science, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia.、6.School of Earth Ocean and Environment, University of South Carolina, Columbia, SC 29223, United States.、7.Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton, Victoria 3800, Australia.)

16:00 ~ 16:15

[AHW23-08] Representation of dams in global flood inundation simulations by coupling the global hydrological model H08 and the global hydrodynamic model CaMa-Flood

*Julien Eric Boulange[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

16:15 ~ 16:30

[AHW23-09] An investigation into a potential long subglacial river beneath the Greenland ice sheet using SICOPOLIS simulations.

*Christopher Chambers[1]、Ralf Greve[1]、Bas Altena[2]、Pierre-Marie Lefeuvre[2] (1.Hokkaido University、2.University of Oslo)

16:30 ~ 16:45

[AHW23-10] **Changes in Annual Rainfall patterns in the Democratic Republic of Congo: Congo river basin**

*Chetan Sharma[1]、Chandra Shekhar Prasad Ojha[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

16:45 ~ 17:00

[AHW23-11] Seasonality in the extreme precipitation events linked to temperature over Japan

*Sridhara Nayak[1]、Tetsuya Takemi[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:植村 立(琉球大学)、大藪 幾美(国立極地研究所)

9:00 ~ 9:15

[ACC26-01] 気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

★招待講演

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4] (1.気象研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所、4.岡山大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC26-02] Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.岡山大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学北極域研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACC26-03] フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8] (1.北海道大学 北極域研究センター、2.北海道大学 低温科学研究所、3.北海道大学大学院 地球環境科学院、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学環境学研究科、6.北見工業大学社会環境工学科、7. 岡山大学自然科学研究科、8.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACC26-04] グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学、4.岡山大学、5.東京大学、6.東京理科大学、7.山形大学、8.総合地球環境学研究所、9.名古屋大学、10.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC26-05] 中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.アイダホ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC26-06] Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2] (1.富山大学、2.国立極地研究所、3.北見工業大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:竹内 望(千葉大学)、川村 賢二(国立極地研究所)

10:45 ~ 11:00

[ACC26-07] 南極氷床コアに眠る古代菌類の分離

★招待講演

*辻 雅晴[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

11:00 ~ 11:15

[ACC26-08] **極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望**

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

11:15 ~ 11:30

[ACC26-09] 不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.北海道大学低温科学研究所、4.総合研究大学院大学、5.海洋研究開発機構、6.Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7.Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8.Department of Physical Geography, Stockholm University)

11:30 ~ 11:45

[ACC26-10] 浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.名古屋大学、5.東京大学、6.北見工業大学、7.富山大学)

11:45 ~ 12:00

[ACC26-11] 完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACC26-12] **Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate**

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、シェリフ多田野 サム(東京大学)

13:45 ~ 14:00

[ACC26-13] ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACC26-14] 珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府)

14:15 ~ 14:30

[ACC26-15] Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋開発研究機構)

14:30 ~ 14:45

[ACC26-16] 次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算

★招待講演

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所、4.ノルウェー極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.北海道大学低温科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACC26-17] International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11] (1.大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学（SOKENDAI） 極域科学専攻、3.アラバマ大学、4.東京大学 大気海洋研究所、5.カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6.ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7.北海道大学低温科学研究所、8.北見工業大学、9.日本学術振興会、10.海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11.富山大学)

15:00 ~ 15:15

[ACC26-18] 室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3] (1.長岡技術科学大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)

[ACC26-P01] 中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.総合地球環境学研究所、5.アイダホ大学、6.中央アジア地球物理研究所)

[ACC26-P02] 走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所 、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.アバンナット北極プロジェクト、6.東京大学生産技術研究所 、7.アウストラル大学 、8.岡山大学自然科学研究科)

[ACC26-P03] グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.長岡技術科学大学、4.コペンハーゲン大学)

[ACC26-P04] 連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.山形大学、5.ウェザーニューズ)

[ACC26-P05] A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構、5.ノルウェー極地研究所、6.北見工業大学、7.日本学術振興会、8.富山大学)

[ACC26-P06] Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P07] Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[ACC26-P08] A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P09] ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学)

[ACC26-P10] 地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)

[ACC26-P01] 中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.総合地球環境学研究所、5.アイダホ大学、6.中央アジア地球物理研究所)

[ACC26-P02] 走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所 、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.アバンナット北極プロジェクト、6.東京大学生産技術研究所 、7.アウストラル大学 、8.岡山大学自然科学研究科)

[ACC26-P03] グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.長岡技術科学大学、4.コペンハーゲン大学)

[ACC26-P04] 連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.山形大学、5.ウェザーニューズ)

[ACC26-P05] A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構、5.ノルウェー極地研究所、6.北見工業大学、7.日本学術振興会、8.富山大学)

[ACC26-P06] Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P07] Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[ACC26-P08] A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P09] ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学)

[ACC26-P10] 地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

13:45 ~ 15:15 | 202 2F

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)、座長:森 也寸志(岡山大学)

13:50 ~ 14:05

[AGE30-01] ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:05 ~ 14:25

[AGE30-02] 水田からのメタン排出とその気候変動応答

★招待講演

*常田 岳志[1] (1.国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター)

14:25 ~ 14:40

[AGE30-03] 玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

*松本 真悟[1]、春日 純子[1] (1.島根大学生物資源科学部)

14:40 ~ 14:55

[AGE30-04] 畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明 (1.宇都宮大学、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:55 ~ 15:15

[AGE30-05] GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定

★招待講演

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1] (1.明治大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学　農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学　農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

15:30 ~ 17:00 | 202 2F

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)、座長:佐藤 直人

15:30 ~ 16:00

[AGE31-01] Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

★Invited Papers

*吉村 義隆[1] (1.玉川大学農学部)

16:00 ~ 16:15

[AGE31-02] 減圧蒸発過程における砂中の水分移動

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[AGE31-03] ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係

*佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[2]、野川 健人[2]、丸尾 裕一[2]、登尾 浩助[1] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科)

16:30 ~ 16:45

[AGE31-04] 低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響

*野川 健人[1]、佐藤 直人[2]、丸尾 裕一[1]、長沼 菜摘[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

16:45 ~ 17:00

[AGE31-05] 重力の異なる惑星下における浸透現象

*森 也寸志[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)

[ACG32-P01] Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Jagat Bisht[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

[ACG32-P02] Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1] (1.国立環境研究所、2.千葉大学)

[ACG32-P03] Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3] (1.Chiba University、2.Osaka Prefecture University、3.森林研究・整備機構)

[ACG32-P04] **Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016**

*Julie Karine Michelon[1]、Tomo'omi Kumagai[2,3]、Tetsuya Hiyama[3]、Hatsuki Fujinami[3]、Kazuho Matsumoto[4]、Tomonori Kume[5]、Takami Saito[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、4.Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus、5.Faculty of Agriculture, Kyushu University、6.Forest Research and Management Organization)

[ACG32-P05] **モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価**

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尓 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.中央大学　研究開発機構、3.モンゴル科学院 地理地質生態研究所)

[ACG32-P06] Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1]、Zhiyan Liu[1]、Riku Kawase[1]、Kazuhito Ichii[1] (1.Chiba University)

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)

[ACG32-P01] Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Jagat Bisht[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

[ACG32-P02] Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1] (1.国立環境研究所、2.千葉大学)

[ACG32-P03] Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3] (1.Chiba University、2.Osaka Prefecture University、3.森林研究・整備機構)

[ACG32-P04] **Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016**

*Julie Karine Michelon[1]、Tomo'omi Kumagai[2,3]、Tetsuya Hiyama[3]、Hatsuki Fujinami[3]、Kazuho Matsumoto[4]、Tomonori Kume[5]、Takami Saito[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、4.Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus、5.Faculty of Agriculture, Kyushu University、6.Forest Research and Management Organization)

[ACG32-P05] **モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価**

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尓 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3] (1.国立研究開発法人国立環境研究所、2.中央大学　研究開発機構、3.モンゴル科学院 地理地質生態研究所)

[ACG32-P06] Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1]、Zhiyan Liu[1]、Riku Kawase[1]、Kazuhito Ichii[1] (1.Chiba University)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)、座長:市井 和仁

13:45 ~ 14:00

[ACG32-01] A high-resolution fossil fuel CO2 emission gridded dataset for tracer transport simulations and flux inversions: An overview, evaluations, applications and future perspectives

★Invited Papers

*Tomohiro Oda[1,2]、Shamil Maksyutov [3]、Miguel O. Roman [2,4]、Zhousen Wang [4]、Thomas Lauvaux[6,5]、Sha Feng [5]、Rostyslav Bun [7,8]、James Wang [2,1]、Randy Kawa [1]、Lesley Ott[1]、Steven Pawson[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA 、2.Universities Space Research Association, Columbia, MD, USA 、3.Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, Japan 、4.Terrestrial Information Systems Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA 、5.Department of Meteorology and Atmospheric Science, Penn. State University, State College, PA, USA 、6.Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, Gif sur Yvette, France、7.Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine 、8.University of Dąbrowa Górnicza, Górnicza, Poland)

14:00 ~ 14:15

[ACG32-02] **グローバル二酸化炭素排出インベントリーの不確実性の低減に向けて**

*叢 日超[1]、齊藤 誠[1]、平田 竜一[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立環境研究所　地球環境研究センター)

14:15 ~ 14:30

[ACG32-03] Evaluation of MIROC4-ACTM reanalysis of GHGs concentrations using aircraft

*Jagat Bisht[1]、Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Sergey Gromov[2]、Taku Umezawa[3]、Andreas Zahn[4]、cARL A. M. Brenninkmeijer[5] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokohama, Japan、2.Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany、3.National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan、4.Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Meteorology and Climate Research, Karlsruhe, Germany、5.Max Planck Institute for Chemistry, Air Chemistry Division, Mainz, Germany)

14:30 ~ 14:45

[ACG32-04] **Carbon flux estimation using NICAM-TM 4D-Var and GOSAT data towards GOSAT-2 Level 4 product**

*佐伯 田鶴[1]、丹羽 洋介[1]、齊藤 誠[1] (1.国立研究開発法人 国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACG32-05] **Attribution of the ambiguity in methane's growth rate shifts during 1988-2016.**

*Naveen Chandra[1]、Prabir Patra[1] (1.Japan Agency for Marine Earth Science and Technology)

15:00 ~ 15:15

[ACG32-06] **Ocean uptake and land use change emissions suppressed atmospheric CO_2 growth in the 2015/16 El Niño**

*近藤 雅征[1]、Landschützer Peter [2]、Iida Yousuke [3]、Houghton Richard [4]、Sitch Stephen [5] (1.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、2.Max Planck Institute for Meteorology、3.Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency、4.Woods Hole Research Center、5.University of Exeter)

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)、座長:Prabir Patra

15:30 ~ 15:45

[ACG32-07] Observing vegetation seasonal dynamics in Japan with Himawari-8 hypertemporal data

*Tomoaki Miura[1,2]、Shin Nagai[2]、Kazuhito Ichii[3]、Hiroki Yoshioka[4] (1.University of Hawaii at Manoa、2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、3.Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University、4.Aichi Prefectural University)

15:45 ~ 16:00

[ACG32-08] Carbon and Water Fluxes at High spatial Resolutions through Down-Scaling

*Jiquan Chen[1]、Pietro Sciusco[1]、Ranjeet John[1]、Zutao Ouyang[1] (1.Michigan State University)

16:00 ~ 16:15

[ACG32-09] **Connecting Satellite Based Spectral Modelling Approach and Forest Inventory to Model Biomass and Carbon Stocks in Natural and Planted Forest over part of Semi-arid zone, India**

*SWATI UNIYAL[1]、Siti Raju Rao (1.Andhra University)

16:15 ~ 16:30

[ACG32-10] **Allocation of forest net primary production varies by forest age and air temperature**

*Xiang Song[1]、Xiaodong Zeng[1]、Dongxiao Tian[2] (1.IAP, CAS、2.Beijing Meteorological Information Center)

16:30 ~ 16:45

[ACG32-11] Analyzing Model Biases in Terrestrial Carbon Cycle Submodels in Earth System Models and Offline Models

*市井 和仁[1]、村上 和隆[2]、高山 宏明[3]、羽島 知洋[3]、立入 郁[3] (1.千葉大学、2.国立環境研究所、3.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[ACG32-12] Assessing terrestrial biogeochemical feedbacks in a strategically geoengineered climate

*Forrest M. Hoffman[1,2]、Cheng-En Yang[2,1]、Joshua S. Fu[2,1]、Simone Tilmes[3]、Lili Xia[4]、Douglas G. MacMartin[5]、Jadwiga H. Richter[3]、Michael Mills[3]、Ben Kravitz[6] (1.Oak Ridge National Laboratory、2.University of Tennessee、3.National Center for Atmospheric Research、4.Rutgers University、5.Cornell University、6.Pacific Northwest National Laboratory)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)、座長:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、名倉 元樹(海洋研究開発機構)

9:00 ~ 9:15

[ACG38-01] ENSOに伴う気候システム変動の諸相

★招待講演

*前田 修平[1] (1.気象庁気候情報課)

9:15 ~ 9:30

[ACG38-02] 熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACG38-03] CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆

★招待講演

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1] (1.ハワイ大学マノア校大気科学科)

9:45 ~ 10:00

[ACG38-04] **Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies**

*Jun Ying[1] (1.Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources)

10:00 ~ 10:15

[ACG38-05] 大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響

*馬場 雄也[1] (1.海洋研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG38-06] Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.コロラド大学ボールダー校)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)、座長:東塚 知己(東京大学)、釜江 陽一(筑波大学)

10:45 ~ 11:00

[ACG38-07] 将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析

★招待講演

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2.北海道大学大学院理学院、3.ワシントン大学海洋研究科)

11:00 ~ 11:15

[ACG38-08] 温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2] (1.北海道大学大学院 環境科学院、2.北海道大学大学院 地球環境科学研究院)

11:15 ~ 11:30

[ACG38-09] Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

★Invited Papers

*植木 巌[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[ACG38-10] **淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例**

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巌[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[ACG38-11] **Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia**

*Yahya Darmawan[1,2,3]、Huang-Hsiung Hsu[2] (1.Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica、2.Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica、3.Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG))

12:00 ~ 12:15

[ACG38-12] 海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1] (1.海洋研究開発機構)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionのDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionのDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)、座長:加藤 知道(北海道大学)

9:00 ~ 9:15

[ACG39-01] 温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[ACG39-02] 熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター、3.サラワク州熱帯泥炭研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACG39-03] 東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG39-04] 個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2] (1.北海道大学　低温科学研究所、2.龍谷大学　理工学部)

10:00 ~ 10:15

[ACG39-05] 熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.サラワク州熱帯泥炭研究所、3.国立環境研究所地球環境研究センター)

10:15 ~ 10:30

[ACG39-06] The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.アラスカ大学フェアバンクス校国際北極圏研究センター、3.ローレンスバークレー国立研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)、座長:加藤 知道(北海道大学)

10:45 ~ 11:00

[ACG39-07] ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5] (1.千葉大学、2.愛知県立大学、3.国立環境研究所、4.筑波大学、5.ハワイ大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG39-08] 火災による全球二酸化炭素排出量の推定

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG39-09] Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1] (1.海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG39-10] Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター)

11:45 ~ 12:15

[ACG39-11] ディープラーニングで見分ける生態系の動態

★招待講演

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2] (1.京都大学フィールド科学教育研究センター、2.京都大学農学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)、座長:藤井 賢彦、山田 誠

9:05 ~ 9:20

[ACG40-01] 駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.産業技術総合研究所)

9:20 ~ 9:35

[ACG40-02] 小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3] (1.龍谷大学経済学部、2.福井県立大学海洋資源生物学部、3.福井県立大学)

9:35 ~ 9:50

[ACG40-03] 気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1] (1.福井県立大学)

9:50 ~ 10:05

[ACG40-04] Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.京都大学、3.京都大学生態学研究センター)

10:05 ~ 10:20

[ACG40-05] 固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3] (1.福井県立大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.総合地球環境学研究所、4.福井県庁)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)、座長:藤井 賢彦、山田 誠

10:45 ~ 11:00

[ACG40-06] 化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3] (1.富山大学理工学教育部、2.富山大学理工学研究部、3.富山大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG40-07] マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院)

11:15 ~ 11:30

[ACG40-08] マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3.フィリピン大学 海洋科学研究所、4.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5.国立アクラン大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG40-09] ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益

*渡邉 敦[1] (1.笹川平和財団　海洋政策研究所)

11:45 ~ 12:05

[ACG40-10] 陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割

★招待講演

*和穎 朗太[1] (1.農研機構 農業環境変動研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 201B 2F

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:高橋 暢宏(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

15:30 ~ 15:45

[ACG41-01] ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.琉球大学理学部、3.北海道大学大学院理学研究院 、4.防災科学技術研究所、5.気象研究所、6.明星電気株式会社)

15:45 ~ 16:00

[ACG41-02] New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6] (1.琉球大学、2.名古屋大学、3.北海道大学、4.明星電気、5.防災科学技術研究所、6.気象庁気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG41-03] T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6] (1.気象庁気象研究所、2.琉球大学理学部、3.防災科学技術研究所、4.明星電気株式会社、5.北海道大学大学院理学院、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG41-04] 航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.気象庁気象研究所、5.首都大学東京、6.茨城大学、7.東京理科大学)

16:30 ~ 16:45

[ACG41-05] ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1] (1.福岡大学、2.極地研究所、3.kktイノベート、4.日本タングステン)

16:45 ~ 17:00

[ACG41-06] 小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　ー風力三角形測風とホドグラフ測風ー

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3] (1.福岡大学理学部、2.日本タングステン、3.スカイリモート、4.福岡大学　FIT-EH)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、座長:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、渡邉 敦(東京工業大学)

13:50 ~ 14:10

[ACG44-01] 熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価

★招待講演

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1] (1.東京農業大学)

14:10 ~ 14:25

[ACG44-02] Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1]、Toshihiro Miyajima[1]、Charissa M Ferrera[2]、Chia-Jung Lu[1]、M.L San Diego-McGlone[2]、Hiroshi Ogawa[1]、Kazuo Nadaoka[3] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman、3.School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology)

14:25 ~ 14:45

[ACG44-03] サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

★招待講演

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4] (1.東京工業大学　環境・社会理工学院、2.東京大学　大気海洋研究所、3.笹川平和財団　海洋政策研究所、4.琉球大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG44-04] 表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態

*市川 和彦[1] (1.（前）地球環境科学院、北海道大学)

15:00 ~ 15:15

[ACG44-05] Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、座長:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学)、渡邉 敦(東京工業大学)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

15:30 ~ 15:45

[ACG44-06] Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院、3.東京大学大気海洋研究所、4.琉球大学理学部物質地球科学科、5.アメリカ地質調査所、6.フロリダ工科大学)

15:45 ~ 16:00

[ACG44-07] サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

*藤井 巌[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2] (1.公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2.ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3.スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所)

16:00 ~ 16:20

[ACG44-08] Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

★Invited Papers

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

16:20 ~ 16:35

[ACG44-09] 衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.水産研究・教育機構)

16:35 ~ 16:55

[ACG44-10] 海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響

★招待講演

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2] (1.筑波大学、2.獨協大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)、座長:作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)

9:00 ~ 9:15

[ACG45-01] 「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて

★招待講演

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.水産研究・教育機構、3.水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG45-02] GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3] (1.東海大学工学部、2.宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3.東海大学)

9:30 ~ 9:45

[ACG45-03] Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3] (1.北海道大学、2.アメリカ航空宇宙局、3.宇宙航空研究開発機構、4.東海大学)

9:45 ~ 10:00

[ACG45-04] **Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network**

*Salem Ibrahim Salem[1]、Hiroto Higa[2]、Kazuo Oki[1]、Taikan Oki[1] (1.The University of Tokyo、2.Yokohama National University)

10:00 ~ 10:15

[ACG45-05] 東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG45-06] 沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1] (1.横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府)

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)、座長:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

10:45 ~ 11:00

[ACG45-07] 静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1] (1.横浜国立大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG45-08] GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4] (1.広島大学、2.横浜国立大学、3.山梨大学、4.東海大学)

11:15 ~ 11:30

[ACG45-09] Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2] (1.千葉大学、2.筑波大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG45-10] **Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration**

*Eligio de Raus Maure[1]、Genki Terauchi[1]、Joji Ishizaka[2] (1.Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:45 ~ 12:00

[ACG45-11] Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1] (1.公益財団法人環日本海環境協力センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] **Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan**

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] **Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques**

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] **Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan**

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] **Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques**

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:今泉 文寿

9:00 ~ 9:15

[HDS09-01] Mechanical behavior modulated by shear surface morphology of simulated shear zone

*Yao Jiang[1]、Gonghui Wang[2]、Toshitaka Kamai[2] (1.Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China、2.Research Center on Landslide, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan)

9:15 ~ 9:30

[HDS09-02] On the Pre-failure Shear Behavior of Clayey Soil

*Chengrui Chang[1]、Gonghui Wang[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

9:30 ~ 9:45

[HDS09-03] **GeoGuard: low-cost GNSS sensors for the continuous monitoring of landslides and structures**

*Andrea Gatti[1]、Giulio Tagliaferro[1]、Eugenio Realini[1]、Stefano Caldera[1] (1.Geomatics Research & Development srl)

9:45 ~ 10:00

[HDS09-04] **Landslide Susceptibility Analysis in the Chenyulan River Watershed, Taiwan**

*Po-Tsun Yeh[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University, Taiwan)

10:00 ~ 10:15

[HDS09-05] Investigating the Relationship Between Tree Height and Landslide Occurrence in the Ikawa Catchment, Central Japan

*Jamie Rhys Evans[1]、Fumitoshi Imaizumi[1] (1.Faculty of Agriculture, Shizuoka University)

10:15 ~ 10:30

[HDS09-06] チベット高原南縁と東縁における遷急点遡及による地すべり

*千木良 雅弘[1]、鄒 青穎[2]、チョウ シーユアン[4]、ウー シヨン[3] (1.京都大学防災研究所、2.弘前大学、3.西南交通大学、4.京都大学大学院理学研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:王 功輝、土井 一生

10:45 ~ 11:15

[HDS09-07] Landslides caused by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

★Invited Papers

*林 真一郎[1]、小山内 信智[1]、山田 孝[1]、桂 真也[1]、古市 剛久[1]、柳井 清治[2]、村上 泰啓[3]、宮崎 知与[4]、谷岡 勇市郎[1]、瀧口 茂隆[5]、宮崎 真由美[6] (1.北海道大学、2.石川県立大学、3.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、4.株式会社シン技術コンサル、5.国土交通省、6.株式会社パスコ)

11:15 ~ 11:45

[HDS09-08] On the coseismic landslides occurring on tephra slopes during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

★Invited Papers

*王 功輝[1]、古谷 元[2] (1.京都大学防災研究所、2.富山県立大学)

11:45 ~ 12:00

[HDS09-09] Seismological and geotechnical surveys on the landslides induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*土井 一生[1]、大澤 光[2]、松浦 純生[1] (1.京都大学防災研究所、2.筑波大学山岳科学センター)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:今泉 文寿、千木良 雅弘

13:45 ~ 14:15

[HDS09-10] Initiation conditions of debris flows in Ohsawa landslide, Mt. Fuji

★Invited Papers

*今泉 文寿[1]、山本 一樹[1]、池田 敦[4]、逢坂 興宏[1]、杉本 宏之[2]、鈴木 聡[2]、佐藤 慎一[2]、柏原 佳明[3]、西村 直記[3] (1.静岡大学農学部、2.国土交通省富士砂防事務所、3.アジア航測、4.筑波大学生命環境系)

14:15 ~ 14:30

[HDS09-11] 四万十付加体中の重力斜面変形と深層崩壊の発生に対する断層粘土を含む衝上断層の役割

*荒井 紀之[1]、千木良 雅弘[1] (1.京都大学防災研究所)

14:30 ~ 14:45

[HDS09-12] Control effect of huge faults on the structure of surrounding regional rock mass in the whole mountain: implications for the distribution pattern of coseismic landslides

*Chao HUANG[1,2]、Yusheng LI[1]、Chunhao WU[3]、Shujian YI[1,3]、Kai LIU[1,4]、Gonghui WANG[2] (1.State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, China、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan、3.Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China、4.China Railway Eryuan Engineering Group CO. LTD, China)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)

[HDS09-P01] **Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido**

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲 (1.北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2.北海道大学理学部地球惑星科学科)

[HDS09-P02] A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

★Invited Papers

*Zheng-yi Feng[1]、Hao-yang Huang[1]、Chia-Ming Chuang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P03] Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1]、Chia-Ming Chuang[1]、Hao-yang Huang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P04] **Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map**

*Pei-hsun Tsai[1]、Syuan-yi Wang[1]、Jie-shin Cheng[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[HDS09-P05] **A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles**

*Sheng-Jia Liu[1] (1.qwepoi13@gmail.com)

[HDS09-P06] 1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4] (1.専修大学・学、2.専修大学文学部環境地理学科、3.日本ジオサービス、4.防災科学技術研究所)

[HDS09-P07] Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P08] ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

*佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

[HDS09-P09] A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P10] A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P11] 低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3] (1.日本大学大学院理工学研究科、2.産業技術総合研究所、3.日本大学理工学部)

[HDS09-P12] **Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand**

*JIN-YI YU[1]、KUANG-TSUNG CHANG[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P13] 浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[HDS09-P14] Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P15] Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)

[HDS09-P01] **Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido**

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲 (1.北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2.北海道大学理学部地球惑星科学科)

[HDS09-P02] A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

★Invited Papers

*Zheng-yi Feng[1]、Hao-yang Huang[1]、Chia-Ming Chuang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P03] Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1]、Chia-Ming Chuang[1]、Hao-yang Huang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P04] **Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map**

*Pei-hsun Tsai[1]、Syuan-yi Wang[1]、Jie-shin Cheng[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[HDS09-P05] **A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles**

*Sheng-Jia Liu[1] (1.qwepoi13@gmail.com)

[HDS09-P06] 1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4] (1.専修大学・学、2.専修大学文学部環境地理学科、3.日本ジオサービス、4.防災科学技術研究所)

[HDS09-P07] Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P08] ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

*佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

[HDS09-P09] A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P10] A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P11] 低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3] (1.日本大学大学院理工学研究科、2.産業技術総合研究所、3.日本大学理工学部)

[HDS09-P12] **Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand**

*JIN-YI YU[1]、KUANG-TSUNG CHANG[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P13] 浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[HDS09-P14] Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P15] Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:三反畑 修、久保田 達矢

15:30 ~ 15:45

[HDS13-01] 2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響

★招待講演

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2] (1.中央大学、2.東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア)

15:45 ~ 16:00

[HDS13-02] Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1]、Kenji Satake[1]、Shingo Watada[1]、Ray Y Chuang[2]、Chih-Heng Lu[2] (1.Earthquake Research Institute,The University of Tokyo、2.Department of Geography, National Taiwan University)

16:00 ~ 16:15

[HDS13-03] Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling

*Mohammad Heidarzadeh[1]、Abdul Muhari[2]、Tomoya HARADA[3]、Takeo Ishibe[4]、Antonius Wijanarto[5] (1.Brunel University London、2.Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia、3.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan、4.Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan、5.Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[HDS13-04] ニュージーランド・ケルマディック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[HDS13-05] Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution

*Iyan E. Mulia[1]、Aditya Riadi Gusman[2]、M. Jakir Hossen[3]、Kenji Satake[1] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.GNS Science、3.BRAC University)

16:45 ~ 17:00

[HDS13-06] グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.伊藤忠テクノソリューションズ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)、座長:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

15:30 ~ 15:55

[HRE17-01] 地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー

★招待講演

*笹田 政克[1] (1.地中熱利用促進協会)

15:55 ~ 16:10

[HRE17-02] 西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所、2.岡山大学)

16:10 ~ 16:25

[HRE17-03] モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良

*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1] (1.電力中央研究所)

16:25 ~ 16:40

[HRE17-04] **気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討**

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2.東京工業大学大学院　情報理工学研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:Nobuhito Ohte(Kyoto University)

9:00 ~ 9:15

[HTT18-01] Environmental traceability methodology by multi-isoscapes

*陀安 一郎[1]、藤吉 麗[1]、藪崎 志穂[1]、SHIN Ki-Cheol[1]、中野 孝教[1]、谷口 真人[1] (1.総合地球環境学研究所)

9:15 ~ 9:45

[HTT18-02] Exploring physical and biological connections using isoscapes

★Invited Papers

*Gabriel J Bowen[1] (1.University of Utah)

9:45 ~ 10:00

[HTT18-03] Spatial and temporal variations in stable isotopes and soluble ions on high mountain snow surface of Mt. Tateyama, Toyama Prefecture, Japan

*竹内 望[1]、杉山 涼[1] (1.千葉大学)

10:00 ~ 10:15

[HTT18-04] Using Sr isotopes to determine the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters in a chert watershed.

*越川 昌美[1]、渡邊 未来[1]、村田 智吉[1]、高松 武次郎[1]、三浦 真吾[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中野 孝教[2] (1.独立行政法人国立環境研究所、2.総合地球環境学研究所)

10:15 ~ 10:30

[HTT18-05] Influences of soil dust, sea salt and anthropogenic activities on ionic and Sr isotopic compositions of wet deposition in Iran

*横尾 頼子[1]、浅井 公輔[1]、堀井 彩衣[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3]、申 基澈[4] (1.同志社大学理工学部、2.徳島大学、3.Kurdistan University、4.総合地球環境学研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:Gabriel Bowen(The University of Utah)

10:45 ~ 11:00

[HTT18-06] Long-term increasing trend of line-conditioned excess in groundwater

*勝山 正則[1] (1.京都大学農学研究科)

11:00 ~ 11:15

[HTT18-07] Geochemistry of river water in the Okayama and Tottori Prefectures, Japan

*山下 勝行[1]、亀井 隆博[1]、岸本 悠河[1]、森 雅彦[1]、大井 あや[2]、大西 彩月[2]、栗原 洋子[2]、千葉 仁[1]、中野 孝教[3]、SHIN Ki-Cheol[4] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.岡山大学理学部、3.大野市、4.総合地球環境学研究所)

11:15 ~ 11:30

[HTT18-08] Study on groundwater flow system at Oshino Village in Yamanashi Prefecture – Report 5. Estimation of the residence time in spring water and groundwater at Oshino Village.

*藪崎 志穂[1]、谷口 真人[1]、陀安 一郎[1]、秋道 智彌[1]、大森 昇[2]、後藤 健[2]、渡邉 宗一郎[2]、渡辺 仁[2] (1.総合地球環境学研究所、2.忍野村役場)

11:30 ~ 11:45

[HTT18-09] The hydrogen and oxygen isotopic compositions of water in the Chikusa River

*大串 健一[1]、藪崎 志穂[2]、陀安 一郎[2]、藤吉 麗[2]、中野 孝教[2]、SHIN Ki-Cheol[2]、横山 正[3]、三橋 弘宗[4]、伊藤 真之[1]、八杉 和輝[1] (1.神戸大学、2.総合地球環境学研究所、3.兵庫県立赤穂特別支援学校、4.兵庫県立大学)

11:45 ~ 12:00

[HTT18-10] Dynamics of sulfate and nitrate inferred from stable isotope techniques in Chikusa river watershed, Hyogo Prefecture

*藤吉 麗[1]、陀安 一郎[1]、藪崎 志穂[1]、原口 岳[1]、由水 千景[1]、大串 健一[2]、古川 文美子[2]、伊藤 真之[2]、山本 雄大[3]、横山 正[4]、三橋 弘宗[5] (1.総合地球環境学研究所、2.神戸大学、3.名古屋大学、4.兵庫県立赤穂特別支援学校、5.兵庫県立大学)

12:00 ~ 12:15

[HTT18-11] Chemistry and sulfur and oxygen isotope ratios of sulfate ion of water soluble component of suspended particulate matter at Okayama city.

*千葉 仁[1]、山本 翼[1] (1.岡山大学自然科学研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)

13:45 ~ 14:00

[HTT18-12] 登山家動物たちの種子散布は植物が温暖から逃れるのに有効か？

*直江 将司[1]、陀安 一郎[2] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.大学共同利用機関法人　人間文化研究機構 総合地球環境学研究所)

14:00 ~ 14:15

[HTT18-13] Spatial distribution of nitrogen stable isotope ratio in deer feces in an agro-environment, Osaka

*原口 岳[1]、幸田 良介[2]、陀安 一郎[1] (1.大学共同利用機関法人　人間文化研究機構　総合地球環境学研究所、2.大阪府立環境農林水産総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[HTT18-14] 付着藻類の炭素窒素同位体比からみる富山県東部森林域から河川への栄養塩供給

*張 勁[1]、増田 亮介[1]、片境 紗希[1]、太田 民久[1]、稲村 修[2]、中川 書子[3] (1.富山大学、2.魚津水族館、3.名古屋大学)

14:30 ~ 14:45

[HTT18-15] Investigation on the possibility of the identification of air pollutant sources using stable isotope ratios of lead and strontium

*櫻井 伸治[1]、中桐 貴生[1]、田中 滉介[1]、堀野 治彦[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、陀安 一郎[2]、藪崎 志穂[2] (1.大阪府立大学、2.総合地球環境学研究所)

14:45 ~ 15:00

[HTT18-16] Magnesium and zinc stable isotopes in stream ecology

*Kai Nils Nitzsche[1]、Yoshikazu Kato[1]、Ki-Cheol Shin[1]、Hiromitsu Kamauchi[1]、Ichiro Tayasu[1] (1.Research Institute for Humanity and Nature)

15:00 ~ 15:15

[HTT18-17] A mechanitic metabolic model of nitrogen stable isotope dynamics in trophic processes

*石井 励一郎[1]、相田 真希[2]、和田 英太郎 (1.総合地球環境学研究所、2.海洋研究開発機構)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)

[HTT18-P01] Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3] (1.滋賀県立大学　環境科学部、2.京都大学生態学研究センター、3.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[HTT18-P02] Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2] (1.総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2.地球科学研究所)

[HTT18-P03] 河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P04] 降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P05] Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4] (1.愛媛大学大学院連合農学研究科、2.西条市、3.総合地球環境学研究所、4.香川大学農学部)

[HTT18-P06] 窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4] (1.山梨大学大学院、2.流域環境科学特別教育プログラム、3.国際流域環境研究センター、4.滋賀県立大学　環境科学部)

[HTT18-P07] Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P08] 石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.岐阜大学教育学部、3.東北大学大学院理学研究科、4.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P09] Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1] (1.アジア大気汚染研究センター)

[HTT18-P10] Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2] (1.東海大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P11] 環境標準物質の亜鉛安定同位体分析

*SHIN Ki-Cheol[1] (1.総合地球環境学研究所)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)

[HTT18-P01] Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3] (1.滋賀県立大学　環境科学部、2.京都大学生態学研究センター、3.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[HTT18-P02] Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2] (1.総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2.地球科学研究所)

[HTT18-P03] 河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P04] 降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P05] Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4] (1.愛媛大学大学院連合農学研究科、2.西条市、3.総合地球環境学研究所、4.香川大学農学部)

[HTT18-P06] 窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4] (1.山梨大学大学院、2.流域環境科学特別教育プログラム、3.国際流域環境研究センター、4.滋賀県立大学　環境科学部)

[HTT18-P07] Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P08] 石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.岐阜大学教育学部、3.東北大学大学院理学研究科、4.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P09] Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1] (1.アジア大気汚染研究センター)

[HTT18-P10] Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2] (1.東海大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P11] 環境標準物質の亜鉛安定同位体分析

*SHIN Ki-Cheol[1] (1.総合地球環境学研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)、座長:横田 俊之、井上 敬資

9:00 ~ 9:15

[HTT22-01] 高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

9:15 ~ 9:30

[HTT22-02] 3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例

*小西 千里[1]、林 宏一[1] (1.応用地質株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HTT22-03] 接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) －理論の概要－

*領木 邦浩[1] (1.職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット)

9:45 ~ 10:00

[HTT22-04] 地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討

*園田 潤[1]、木本 智幸[2] (1.独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2.独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科)

10:00 ~ 10:15

[HTT22-05] 指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4] (1.鹿島建設株式会社 技術研究所、2.鹿島建設株式会社 中部支店、3.松永ジオサーベイ株式会社、4.三井金属資源開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[HTT22-06] 2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1] (1.応用地質株式会社、2.山口大学名誉教授)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)

[HCG28-P01] Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2]、Ashok - Kumar[1,2]、Ajay - Gairola[1,2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee, India、2.Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee)

[HCG28-P02] Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2] (1.Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University、2.Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences)

[HCG28-P03] 乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発- - -モンゴルにおける事例研究

★招待講演

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尔 德尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3.モンゴル国立大学　文理学院)

[HCG28-P04] Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.東京大学、2.Yanbian University)

[HCG28-P05] The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.The University of Tokyo、2.Yanbian University)

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)

[HCG28-P01] Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2]、Ashok - Kumar[1,2]、Ajay - Gairola[1,2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee, India、2.Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee)

[HCG28-P02] Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2] (1.Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University、2.Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences)

[HCG28-P03] 乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発- - -モンゴルにおける事例研究

★招待講演

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尔 德尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3.モンゴル国立大学　文理学院)

[HCG28-P04] Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.東京大学、2.Yanbian University)

[HCG28-P05] The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.The University of Tokyo、2.Yanbian University)

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)、座長:Ernan Rustiadi(Bogor Agricultural University)、王 勤学(国立環境研究所)、takeshi sakurai

15:30 ~ 15:45

[HCG28-01] Implementing Integrated Research for Sustainable Future - a human geoscience perspective

*氷見山 幸夫[1] (1.北海道教育大学名誉教授)

15:45 ~ 16:00

[HCG28-02] **Application of environmental carrying capacity analysis and land cover change scenarios in collaborative spatial planning process: The Jakarta Megacity Case**

★Invited Papers

*ERNAN RUSTIADI[1]、Andrea Emma Pravitasari[2]、Diar Shiddiq[1]、Laode Syamsul Iman[1]、Setyardi Pratika Mulya[2]、Mia Ermyanila[1]、Nur Etika Karyati[1] (1.Center for Regional System Analysis, Planning and Development, Bogor Agricultural University 、2.Department of Soil Science and Land Resource, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University)

16:00 ~ 16:15

[HCG28-03] Does the Market Economy Save the Local Natural Resources While Improving Human Welfare? The Case of 101 Natural Forests in the Middle Hills of Nepal

*櫻井 武司[1]、橘 永久[2]、Rayamajhi Santosh[3] (1.東京大学、2.千葉大学、3.Tribhuvan University)

16:15 ~ 16:30

[HCG28-04] Academic-public-private partnerships for sustainable herding under increasing frequency of climate hazards

*篠田 雅人[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[HCG28-05] 現代北京市における公墓を主体とする死後の土地利用と市民の葬送

*土居 晴洋[1]、柴 彦威[2]、徐 培瑋[3] (1.大分大学教育学部、2.北京大学、3.北京師範大学)

16:45 ~ 17:00

[HCG28-06] Restoration and sustainable land management of degraded landscapes in Asia and Africa

★Invited Papers

*大黒 俊哉[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:田中 俊行、風間 卓仁

13:45 ~ 14:00

[SGD01-01] 石岡測地観測局における重力値の季節変動

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:00 ~ 14:15

[SGD01-02] 富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5] (1.山梨県富士山科学研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所、5.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[SGD01-03] 東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2] (1.京都大学理学研究科、2.国立極地研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGD01-04] Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1] (1.京都大学理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SGD01-05] Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.北海道大学、3.北海道立総合研究機構地質研究所、4.山梨県富士山科学研究所、5.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[SGD01-06] On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台、4.筑波大学、5.防災科学技術研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:名和 一成、本多 亮(山梨県富士山科学研究所)

15:30 ~ 15:45

[SGD01-07] 絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.東京大学大学院理学系研究科)

15:45 ~ 16:00

[SGD01-08] Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SGD01-09] 局地客観解析を用いた大気引力効果の評価

*田中 俊行[1] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[SGD01-10] 精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:30 ~ 16:45

[SGD01-11] 航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2] (1.国土地理院、2.デンマーク工科大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)、座長:愛知 正温、酒井 和紀

9:00 ~ 9:15

[SGD02-01] 地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SGD02-02] 衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

*愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SGD02-03] 干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1] (1.国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[SGD02-04] InSAR計測技術の資源探査への利用

*六川 修一[1]、中村 貴子[1] (1.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[SGD02-05] The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

★Invited Papers

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1] (1.関東天然瓦斯開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[SGD02-06] GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策

★招待講演

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.大阪府立大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)、座長:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Saffer Demian(Department of Geosciences, Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

13:45 ~ 14:00

[SSS06-01] Geoscientific information about plate boundary along the Nankai Trough provided by the GNSS-A

★Invited Papers

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2] (1.東京大学生産技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

14:00 ~ 14:15

[SSS06-02] Deep Drilling at the Nankai Trough: IODP NanTroSEIZE Expedition 358 Summary and First Results

★Invited Papers

*Harold Tobin[1]、Takehiro Hirose[7]、Matt Ikari[5]、Kyuichi Kanagawa[10]、Gaku Kimura[3]、Masataka Kinoshita[8]、Hiroko Kitajima[6]、Demian M Saffer[4]、Asuka Yamaguchi[9]、Lena Maeda[2]、Nobu Eguchi[2]、Sean Toczko[2] (1.Department of Earth and Space Sciences, University of Washington、2.JAMSTEC-CDEX、3.Tokyo Un. of Marine Science-Technology、4.Penn State University、5.MARUM Un. of Bremen、6.Texas A&M University、7.JAMSTEC-KCC、8.Un. of Tokyo Earthquake Research Institute、9.Un. of Tokyo AORI、10.Chiba University)

14:15 ~ 14:30

[SSS06-03] Coexistence of soft and hard sediments at deep Nankai accretionary prism, NanTro SEIZE Project, IODP Exp.358

*坂口 有人[1,2]、Michael Strasser[3]、浜橋 真理[4,5]、廣瀬 丈洋[2]、北島 弘子[6]、Expedition 358 Scientists IODP (1.山口大学、2.海洋研究開発機構、3.University of Innsbruck、4.東京大学、5.Nanyang Technological University、6.Texas A&M University)

14:30 ~ 14:45

[SSS06-04] Active and passive seismic experiment during the IODP Exp. 358 deep riser drilling in the Nankai Trough, Japan

*木村 俊則[1]、利根川 貴志[1]、白石 和也[1]、荒木 英一郎[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、櫻井 紀旭[1]、真田 佳典[1]、木戸 ゆかり[1]、木下 正高[2]、高橋 成実[3,1]、町田 祐弥[1]、西田 周平[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS06-05] Microfabric analysis of damaged zone of principal shear zone in the frontal megathrust in the Nankai Trough

*木村 学[1]、山口 飛鳥[2]、濱田 洋平[3]、矢部 優[4] (1.東京海洋大学 海洋資源環境学部、2.東京大学 大気海洋研究所、3.海洋研究開発機構 高知コア研究所、4.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[SSS06-06] Seismic Imaging of Mud Diapirs in Northern Kumano Basin, Nankai Trough

*Gregory F Moore[1]、Miho Asada[2]、Shuichi Kodaira[2]、Achim Kopf[3] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC、3.MARUM)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

[SSS06-P01] Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.東京海洋大学)

[SSS06-P02] Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1]、Gregory F Moore[1]、Mikiya Yamashita[2]、Shuichi Kodaira[2] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC)

[SSS06-P03] 雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化

*池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

[SSS06-P04] 掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定

★招待講演

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SSS06-P05] Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.University of Aberdeen、4.University of Toronto、5.Yonsei University、6.高知大学)

[SSS06-P06] Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3.Institute of Geophysics, ETH Zürich)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

[SSS06-P01] Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.東京海洋大学)

[SSS06-P02] Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1]、Gregory F Moore[1]、Mikiya Yamashita[2]、Shuichi Kodaira[2] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC)

[SSS06-P03] 雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化

*池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

[SSS06-P04] 掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定

★招待講演

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SSS06-P05] Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.University of Aberdeen、4.University of Toronto、5.Yonsei University、6.高知大学)

[SSS06-P06] Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3.Institute of Geophysics, ETH Zürich)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、遠田 晋次(東北大学)

13:45 ~ 14:00

[SSS10-01] 山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS10-02] 余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS10-03] The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震 合同余震観測グループ (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5.鹿児島大学地震火山地域防災センター、6.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7.弘前大学理工学研究科、8.京都大学防災研究所地震予知研究センター、9.千葉大学大学院理学研究科、10.防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS10-04] 2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

14:45 ~ 15:00

[SSS10-05] 1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森－宇津公式の最適パラメータ値

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1] (1.京都大学)

15:00 ~ 15:15

[SSS10-06] 地震とは無縁の島，天草上島・下島　—非地震域の意味を考える

*遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:勝間田 明男(気象研究所地震津波研究部第一研究室)、原田 靖(東海大学)

15:30 ~ 15:45

[SSS10-07] 小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS10-08] 海域観測点の気象庁一元化処理への活用について

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1] (1.気象庁地震火山部)

16:00 ~ 16:15

[SSS10-09] 2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS10-10] 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3] (1.静岡県立大学、2.気象庁、3.静岡大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS10-11] 豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

*千葉 慶太[1] (1.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

16:45 ~ 17:00

[SSS10-12] 日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)、座長:武村 俊介(防災科研)

9:01 ~ 9:23

[SSS11-13] 奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

★招待講演

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5] (1.産業技術総合研究所、2.大阪大学、3.地熱技術開発、4.奥会津地熱、5.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

9:23 ~ 9:45

[SSS11-14] 地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

★招待講演

*小木曽 仁[1] (1.気象庁気象研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS11-15] 2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2] (1.東京大学地震研究所、2.オーストラリア国立大学)

10:00 ~ 10:15

[SSS11-16] 海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[SSS11-17] **Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space**

*Aditya Nitin Deshmukh[1]、Pratik Laxman Borate[1]、Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1]、Nobuki Kame[2]、Ranjith Kunnath[1] (1.Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India 、2.Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

15:30 ~ 15:45

[SSS14-01] "0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS14-02] Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1] (1.韓国気象庁、2.韓国環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[SSS14-03] Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2] (1.東北大学理学研究科、2.防災科学技術研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS14-04] 鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SSS14-05] 地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化

*山下 輝夫

16:45 ~ 17:00

[SSS14-06] 自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部S波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学 地域強靱化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学　、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_31

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部S波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学 地域強靱化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学　、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、小松原 琢(産業技術総合研究所)

15:30 ~ 16:00

[SSS15-01] 東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって

★招待講演

*蝦名 裕一[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-02] 歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例

*小松原 琢[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-03] 同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-04] 地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3] (1.筑波大学生命環境系、2.電力中央研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

9:00 ~ 10:30 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-IT21] 核-マントルの相互作用と共進化

コンビーナ:河合 研志(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、飯塚 毅(東京大学)、太田 健二(東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)、土屋 卓久(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、座長:河合 研志、Sebastian Ritterbex

9:00 ~ 9:15

[SIT21-19] Seismological Explorations of Earth's Outer Core: Normal Mode and Body Wave Analyses

★Invited Papers

*Jessica C E Irving[1]、Sanne Cottaar[2]、Vedran Lekic[3]、Wenbo Wu[4] (1.Princeton University、2.University of Cambridge、3.University of Maryland, College Park、4.California Institute of Technology)

9:15 ~ 9:30

[SIT21-20] ディスカッション

*河合 研志[1] (1.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[SIT21-21] On the 1-D radial convective structure of the Earth’s core inferred from a coupled core-mantle evolution model

*中川 貴司[1] (1.香港大学地球科学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SIT21-22] Structural and transport properties of liquid iron-light-element mixtures under outer core conditions

*大村 訓史[1]、土屋 卓久[2] (1.広島工業大学、2.愛媛大学)

10:00 ~ 10:15

[SIT21-23] Development of New Technology for Geoneutrino Directional Measurement

*渡辺 寛子[1] (1.東北大学ニュートリノ科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[SIT21-24] Investigation of multi light elements in iron-silicate-water system using high pressure and temperature neutron experiments: Implications for the Earth's evolution

★Invited Papers

*飯塚 理子[1]、後藤 弘匡[2]、福山 鴻[1]、鍵 裕之[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.東京大学物性研究所)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

10:45 ~ 12:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-IT21] 核-マントルの相互作用と共進化

コンビーナ:河合 研志(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、飯塚 毅(東京大学)、太田 健二(東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)、土屋 卓久(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、座長:辻野 典秀、上木 賢太

10:45 ~ 11:00

[SIT21-25] Low hydrogen contents in the cores of terrestrial planets

★Invited Papers

*Vincent Clesi[1]、Mohamed Ali Bouhifd[2]、Nathalie Bolfan-Casanova[2]、Geeth Manthilake[2]、Federica Schiavi[2]、Caroline Raepsaet[3]、Hélène Bureau[4]、Hicham Khodja[3]、Denis Andrault[2] (1.Laboratoire de Geologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENS-Lyon, 69622 Villeurbanne, France.、2.Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne, CNRS UMR 6524, OPGC–IRD, Campus Universitaire des Cézeaux, 6 Avenue Blaise Pascal, 63178 Aubière Cedex, France.、3.Laboratoire d'Etude des Eléments Légers, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France.、4.Institut de Minéralogie et de Physique de la Matière et de Cosmochimie, Sorbonne Universités, UMR CNRS-UPMC 7590, 4 place Jussieu, 75252 Paris, France.)

11:00 ~ 11:15

[SIT21-26] Discussion

*土屋 卓久[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SIT21-27] Fe_2S: the most iron-rich Fe-S compound at pressures of the inner core

*舘野 繁彦[1,2]、小澤 春香[2,3]、廣瀬 敬[1,4]、鈴木 敏弘[5] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.岡山大学惑星物質研究所、3.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター 、4.東京大学地球惑星科学専攻、5.東京大学地殻化学実験施設)

11:30 ~ 11:45

[SIT21-28] First-principles Investigation of Iron Diffusion Properties with Implications to Inner Core Plasticity

★Invited Papers

*Sebastian Ritterbex[1]、Taku Tsuchiya[1] (1.GRC Ehime University)

11:45 ~ 12:00

[SIT21-29] Dependence of the dipole component dominancy on the Rayleigh number and inner core size in geodynamo simulations

*西田 有輝[1]、加藤 雄人[1]、松井 宏晃[2]、松島 政貴[3]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

12:00 ~ 12:15

[SIT21-30] Elasticity of Fe-Si Alloy

*土屋 卓久[1]、福永 優[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)

[SMP29-P01] 飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4] (1.成蹊大学、2.東北大学、3.サラマンカ大学、4.韓国KBSI)

[SMP29-P02] Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7] (1.岡山理科大学自然科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.岡山理科大学理学部、4.岡山理科大学生物地球学部、5.蒜山地質年代学研究所、6.島根大学名誉教授、7.モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所)

[SMP29-P03] Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[SMP29-P04] **Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke**

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P05] Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P06] **Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan**

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1] (1.鹿児島大学)

[SMP29-P07] **Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones**

*Nadezda Chertkova[1]、Shigeru Yamashita[2]、Hiroaki Ohfuji[1]、Tetsuo Irifune[1]、Hirokazu Kadobayashi[1]、Yoshitaka Yamamoto[3] (1.Ehime University, Geodynamics Research Center、2.Okayama University, Institute for Planetary Materials、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

[SMP29-P08] Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1]、Taehwan Kim[2]、Jungmin Kim[3] (1.Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute、2.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University、3.Earth and Environmental Sciences, Korea University)

[SMP29-P09] 初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.東北大学総合学術博物館、3.國立中正大学地球與環境科學系，臺灣)

[SMP29-P10] The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1]、Chang Whan Oh[1] (1.Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university)

[SMP29-P11] GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo)

[SMP29-P12] Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1] (1.USGS Earthquake Science Center)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_32

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)

[SMP29-P01] 飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4] (1.成蹊大学、2.東北大学、3.サラマンカ大学、4.韓国KBSI)

[SMP29-P02] Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7] (1.岡山理科大学自然科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.岡山理科大学理学部、4.岡山理科大学生物地球学部、5.蒜山地質年代学研究所、6.島根大学名誉教授、7.モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所)

[SMP29-P03] Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[SMP29-P04] **Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke**

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P05] Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P06] **Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan**

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1] (1.鹿児島大学)

[SMP29-P07] **Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones**

*Nadezda Chertkova[1]、Shigeru Yamashita[2]、Hiroaki Ohfuji[1]、Tetsuo Irifune[1]、Hirokazu Kadobayashi[1]、Yoshitaka Yamamoto[3] (1.Ehime University, Geodynamics Research Center、2.Okayama University, Institute for Planetary Materials、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

[SMP29-P08] Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1]、Taehwan Kim[2]、Jungmin Kim[3] (1.Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute、2.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University、3.Earth and Environmental Sciences, Korea University)

[SMP29-P09] 初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.東北大学総合学術博物館、3.國立中正大学地球與環境科學系，臺灣)

[SMP29-P10] The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1]、Chang Whan Oh[1] (1.Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university)

[SMP29-P11] GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo)

[SMP29-P12] Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1] (1.USGS Earthquake Science Center)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)、座長:Hafiz REHMAN(Kagoshima University)、Tatsuki Tsujimori

13:45 ~ 14:00

[SMP29-01] Pb-isotope of Fe-Ni alloy associated with serpentinite: Geochemical constraints on the fluid-mediated hyper-reducing environment in mantle wedge

★Invited Papers

*掛札 真由[1]、辻森 樹[1]、山下 勝行[2]、飯塚 義之[3] (1.東北大学、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.中央研究院地球科学研究所)

14:00 ~ 14:15

[SMP29-02] PETROCHEMISTRY AND AGE DETERMINATION OF THE NEWLY DISCOVERED ECLOGITE IN THE WESTERN MONGOLIA

*苗村 康輔[1]、チョイドンジャムツ エルデンジャルガル[4]、加藤 丈典[5]、ジャフハラン オトゴンクゥ[3]、道林 克禎[2] (1.名古屋大学博物館、2.名古屋大学環境学研究科、3.中国地質科学院、4.モンゴル科学アカデミー、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:15 ~ 14:45

[SMP29-03] **Continental subduction, "*Intraslab UHP Metasomatism*", and the formation of metamorphic diamond**

★招待講演

*小笠原 義秀[1] (1.Department of Earth Sciences, Waseda University)

14:45 ~ 15:00

[SMP29-04] Ultrahigh-pressure pseudotachylyte in a marble

★Invited Papers

*西山 忠男[1]、藤本 智也[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

15:00 ~ 15:15

[SMP29-05] Dehydration and Deformation process of subducted large Oceanic Pleateau -case study of the Mikabu blueschist-

*岡本 和明[1] (1.埼玉大学教育学部地学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)、座長:Tsai Chin-HO(National Dong Hwa University)、Hafiz REHMAN(Kagoshima University)

15:30 ~ 15:45

[SMP29-06] Unusually high Nb/Ta ratio of fluid-precipitated jadeites from New Idria serpentinite body, California: Implications for extreme fractionation in slab fluids

*高橋 菜緒子[1]、辻森 樹[2]、常 青[3]、木村 純一[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学東北アジア研究センター、3.海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

15:45 ~ 16:00

[SMP29-07] The collision process interpreted using the systematic change of metamorphic pattern along theQinling–Dabie–Odesan collisional belt between the North and South Korea-China Cratons
★Invited Papers

*Chang Whan Oh[1,2] (1.Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea、2.Environmental Science System Research Center, Chonbuk National University,Jeonju, Republic of Korea)

16:00 ~ 16:15

[SMP29-08] Contrasting collision processes between northwest and central Himalaya: examination from the "Lesser Himalayan granites” in Pakistan

*小笠原 正継[1]、福山 繭子[2]、Siddiqui Rehanul[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門、2.秋田大学理工学研究科、3.Balochistan University of Information Technology, Engineering and Management Sciences)

16:15 ~ 16:30

[SMP29-09] New petrologic indications of subduction metamorphism in the Yuli belt, eastern Taiwan

*Chin-Ho Tsai[1]、Chih-Ying Yeh[1]、Dominikus Deka Dewangga[1]、Yui Kouketsu[2]、Masaki Enami[3] (1.Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ.、2.Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ.、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.)

16:30 ~ 16:45

[SMP29-10] **The importance of Mn-nodules on the sea floor during subduction for the formation of ophiolitic diamond**

*Richard Wirth[1] (1.Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences 3.5 Surface Geochemistry)

16:45 ~ 17:00

[SMP29-11] **Along-strike variability of primitive magmas inferred from olivine-hosted melt inclusions, southernmost Andean Southern Volcanic Zone, Chile**

*Derek Weller[1,2]、Charles R Stern[2] (1.Earthquake Research Institute、2.University of Colorado)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)

[SMP30-P01] Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6] (1.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2.東京大学地震研究所、3.キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4.海洋研究開発機構高知コア研究所、5.中国科学院海洋研究所、6.リーズ大学地球環境学部)

[SMP30-P02] 御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1] (1.東京大学広域科学専攻、2.学習院大学理学部化学科、3.岡山理科大学理学部基礎理学科)

[SMP30-P03] **Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

[SMP30-P04] 小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5] (1.海洋研究開発機構、2.産業技術総合研究所、3.金沢大学、4.国立極地研究所、5.日本海洋事業)

[SMP30-P05] 南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.海上保安庁、3.新潟大学、4.トルース大学、5.名古屋大学)

[SMP30-P06] **Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines**

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1]、BETCHAIDA D PAYOT[1]、GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1]、JULIUS A PASCO[1]、JESLEY MEI A DYCOCO[1] (1.UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES)

[SMP30-P07] Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1]、Kenichiro Tani[2] (1.Geological Survey of Japan、2.National Museum of Nature and Science)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)

[SMP30-P01] Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6] (1.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2.東京大学地震研究所、3.キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4.海洋研究開発機構高知コア研究所、5.中国科学院海洋研究所、6.リーズ大学地球環境学部)

[SMP30-P02] 御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1] (1.東京大学広域科学専攻、2.学習院大学理学部化学科、3.岡山理科大学理学部基礎理学科)

[SMP30-P03] **Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

[SMP30-P04] 小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5] (1.海洋研究開発機構、2.産業技術総合研究所、3.金沢大学、4.国立極地研究所、5.日本海洋事業)

[SMP30-P05] 南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.海上保安庁、3.新潟大学、4.トルース大学、5.名古屋大学)

[SMP30-P06] **Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines**

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1]、BETCHAIDA D PAYOT[1]、GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1]、JULIUS A PASCO[1]、JESLEY MEI A DYCOCO[1] (1.UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES)

[SMP30-P07] Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1]、Kenichiro Tani[2] (1.Geological Survey of Japan、2.National Museum of Nature and Science)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)、座長:田村 芳彦(JAMSTEC)、Chris Conway、森下 知晃(金沢大学)

13:45 ~ 14:00

[SMP30-01] **Noble gas and carbon isotopic compositions of petit-spot lavas from southeast of Marcus Island**

★Invited Papers

*山本 順司[1]、河野 哲馬[2]、高畑 直人[3]、佐野 有司[3] (1.北海道大学総合博物館、2.北海道大学大学院理学院、3.東京大学大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:15

[SMP30-02] A series of cummingtonite-bearing rhyolites in Niijima, Izu-Bonin arc, Japan: petrological and geochemical constraints

★Invited Papers

*荒川 洋二[1]、遠藤 大介[2]、大鹿 淳也[3]、新村 太郎[4]、池端 慶[1] (1.筑波大学　生命環境系 地球進化科学専攻、2.島根県立三瓶博物館サヒメル、3.中国地質大学（武漢）地球資源学部、4.熊本学園大学　経済学部)

14:15 ~ 14:30

[SMP30-03] **Generation of primary andesitic magma in oceanic arcs: Evidence from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

★Invited Papers

*平井 康裕[1,2]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

14:30 ~ 14:45

[SMP30-04] Petrogenesis of high-Mg# andesite lavas from Ruapehu volcano, New Zealand

*Chris Conway[1]、Katy Chamberlain[2]、Yumiko Harigane[1]、Daniel Morgan[3] (1.Geological Survey of Japan、2.Univ. Derby、3.Univ. Leeds)

14:45 ~ 15:00

[SMP30-05] Hydrous felsic magma generated by unmixing of slab-derived supercritical liquid: evidence from Rishiri Volcano, Kuril Arc

★Invited Papers

*谷内 元[1]、栗谷 豪[2,3]、横山 哲也[4,3]、中村 栄三[3]、中川 光弘[2] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.岡山大学惑星物質研究所、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SMP30-06] Genesis of recent mafic volcanism in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand: insights into the birth and death of cataclysmic caldera-forming systems?

*Georg F Zellmer[1]、Jun-Ichi Kimura[2]、Claudine Stirling[3]、Gert Lube[1]、Phil A Shane[4] (1.Volcanic Risk Solutions, Massey University, Tennent Drive, Palmerston North 4410, New Zealand、2.Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology [JAMSTEC], Natsushima-cho 2-15, Yokosuka 237-0061, Japan、3.Department of Chemistry, University of Otago, Dunedin 9054, New Zealand、4.School of Environment, University of Auckland, Auckland 1142, New Zealand)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)、座長:Chris Conway、田村 芳彦(JAMSTEC)

15:30 ~ 15:45

[SMP30-07] **Introducing an oceanic core complex in the Shikoku Basin: Mado Megamullion**

★Invited Papers

*小原 泰彦[1,2]、沖野 郷子[3]、秋澤 紀克[3]、藤井 昌和[4]、針金 由美子[5]、平野 直人[6]、平内 健一[7]、石塚 治[5]、町田 嗣樹[8]、道林 克禎[9]、Sanfilippo Alessio[10]、Snow Jonathan[11]、山下 浩之[12] (1.海上保安庁海洋情報部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.国立極地研究所、5.産業技術総合研究所、6.東北大学、7.静岡大学、8.千葉工業大学、9.名古屋大学、10.パビア大学、11.ヒューストン大学、12.神奈川県立生命の星・地球博物館)

15:45 ~ 16:00

[SMP30-08] Spatial variation of petrological and geochemical characteristics of mantle peridotites in Mado Megamullion, Shikoku Basin

*秋澤 紀克[1]、町田 嗣樹[2]、沖野 郷子[1]、小原 泰彦[3] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、3.海上保安庁　海洋情報部)

16:00 ~ 16:15

[SMP30-09] **Magmatism-hydrothermalism interaction along the crust-mantle transition below oceanic spreading centres**

★Invited Papers

*Mathieu Rospabe[1,2]、Mathieu Benoit[1]、Georges Ceuleneer[1] (1.GET, OMP, Univ. of Toulouse, CNRS, IRD, F-31400 Toulouse, France、2.JAMSTEC, Yokosuka 237-0061, Japan.)

16:15 ~ 16:30

[SMP30-10] **Serpentinization and carbonation of dunites in the western part of the Isua Supracrustal Belt, Southwestern Greenland**

*Juan Miguel Ramirez Guotana[1]、Tomoaki Morishita[1]、Akihiro Tamura[1]、Ikuya Nishio[1]、Kenichiro Tani[2]、Yumiko Harigane[3]、Kristoffer Szilas[4]、D. Graham Pearson[5] (1.Kanazawa University、2.National Museum of Nature and Science, Japan、3.Institute of Geology and Geoinformation Geological Survey of Japan/AIST、4.University of Copenhagen、5.University of Alberta)

16:30 ~ 16:45

[SMP30-11] **Petrogenesis of fertile abyssal peridotites of the Pujada Ophiolite, SE Mindanao, Philippines**

*Valerie Shayne Vargas Olfindo[1]、Betchaida Duetes Payot[1]、Gabriel Theophilus Valera[1]、Shoji Arai[2]、Tomoyuki Shibata[4]、Masako Yoshikawa[3] (1.Rushurgent Working Group, National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines、2.Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, Beppu 874-0903, Japan、4.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, Hiroshima 739-8526, Japan)

16:45 ~ 17:00

[SMP30-12] 飛騨変成帯中に産する超苦鉄質岩：島弧深部起源岩石の例として

小楠 陽平[1]、*森下 知晃[1]、田村 明弘[1] (1.金沢大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)、座長:M. Satish-Kumar(Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)

10:45 ~ 11:00

[SMP31-01] Tectonic development of the East Indian cratonic margin and its status in Columbia Supercontinent

★Invited Papers

*Kaushik Das[1] (1.Hiroshima University)

11:00 ~ 11:15

[SMP31-02] **Continental crust formation and metamorphism during the Neoarchean–Paleoproterozoic: an example from the Nilgiri Block, southern India**

★Invited Papers

*VINOD O SAMUEL[1] (1.Yonsei University)

11:15 ~ 11:30

[SMP31-03] Preliminary paleomagnetic studies on the mafic dykes in Western Dharwar craton, South India.

*Silpa Ammini Sasidharan[1]、Madhusoodhan Satish-Kumar[2]、Naoto Ishikawa[3]、Krishnan Sajeev[4] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、3.Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan、4.Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore, India)

11:30 ~ 11:45

[SMP31-04] Syn-metamorphic boron-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas

★Invited Papers

*河上 哲生[1]、酒井 治孝[1]、佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SMP31-05] **レッサーヒマラヤの現地性堆積物層下部（1.9-1.75 Ga）に産出する火成岩の岩石学的特徴：広域的組成変化とテクトニック場の推定**

*新城 竜一[1]、安室 朝基[1]、大浦 晃平[1]、大城 和哉[1]、田原 史朗[1]、酒井 治孝[2] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学大学院理学研究科)

12:00 ~ 12:15

[SMP31-06] Petrogenesis and tectonic implications of orbicular granodiorite from Yangtze cratonic nucleus

*Yihe Li[1] (1.China University of Geosciences Wuhan)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)

[SMP31-P01] Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.琉球大学、4.島根大学、5.九州大学、6.千葉大学)

[SMP31-P02] 東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成

*森 祐紀[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP31-P03] “Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1] (1.National Institute of Polar Research)

[SMP31-P04] Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1]、Tomokazu Hokada[2]、Tatsuro Adachi[3]、Yasuhito Osanai[3]、Yoichi Motoyoshi[2]、Kazuyuki Shiraishi[2] (1.Chiba Univ、2.National Institute of Polar Research、3.Kyushu University)

[SMP31-P05] Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1]、Tsuyoshi Toyoshima[2]、Futoshi Nanayama[3] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. 、3.Geological Survey of Japan, AIST)

[SMP31-P06] **Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks**

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1]、Akari Imura[1]、Momoko Shirakawa[2]、Gen Shimoda[3]、Kosuke T. Goto[3]、M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4] (1.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、2.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、3.Geological Survey of Japan、4.University of Peradeniya, Sri Lanka)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)

[SMP31-P01] Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.琉球大学、4.島根大学、5.九州大学、6.千葉大学)

[SMP31-P02] 東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成

*森 祐紀[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP31-P03] “Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1] (1.National Institute of Polar Research)

[SMP31-P04] Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1]、Tomokazu Hokada[2]、Tatsuro Adachi[3]、Yasuhito Osanai[3]、Yoichi Motoyoshi[2]、Kazuyuki Shiraishi[2] (1.Chiba Univ、2.National Institute of Polar Research、3.Kyushu University)

[SMP31-P05] Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1]、Tsuyoshi Toyoshima[2]、Futoshi Nanayama[3] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. 、3.Geological Survey of Japan, AIST)

[SMP31-P06] **Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks**

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1]、Akari Imura[1]、Momoko Shirakawa[2]、Gen Shimoda[3]、Kosuke T. Goto[3]、M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4] (1.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、2.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、3.Geological Survey of Japan、4.University of Peradeniya, Sri Lanka)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:前野 深、青木 陽介

9:00 ~ 9:15

[SVC38-06] アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

*前野 深[1]、金子 隆之[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC38-07] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan)

9:30 ~ 9:45

[SVC38-08] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3] (1.京都大学防災研究所、2.東京大学地震研究所、3.BMKG)

9:45 ~ 10:00

[SVC38-09] 2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について

*大見 士朗[1] (1.京都大学防災研究所地震防災研究部門)

10:00 ~ 10:15

[SVC38-10] 九重硫黄山における火山活動の変化について

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台 (1.気象庁　気象研究所、2.気象庁　福岡管区気象台、3.気象庁　大分地方気象台)

10:15 ~ 10:30

[SVC38-11] 合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1] (1.東京大学地震研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:及川 純、為栗 健

10:45 ~ 11:00

[SVC38-12] ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

*及川 純[1]、田島 靖久[2] (1.東京大学地震研究所、2.日本工営(株)中央研究所)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-13] GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1] (1.国土地理院)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-14] Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1] (1.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-15] マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-16] 2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2] (1.富山大学、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-17] 2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2.鹿児島大学総合科学域総合研究学系)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:青山 裕、三浦 哲

13:45 ~ 14:00

[SVC38-18] 十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2] (1.北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-19] 火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、西村 太志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.フィレンツェ大学地球科学科、3.メキシコ国立自治大学、4.GFZ-German Research Centre for Geosciences)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-20] ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学理学院、3.気象研究所、4.防災科学技術研究所、5.フィレンツェ大学)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-21] Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-22] Field survey report on Zao Volcano (2012−2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2] (1.東北大学東北アジア研究センター、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.東北大学災害科学国際研究所、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-23] **蔵王山の2015年膨張イベント**

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:山本 希、前田 裕太(名古屋大学)

15:30 ~ 15:45

[SVC38-24] 火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定

*前田 裕太[1] (1.名古屋大学)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-25] 初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ホームサイスモメータ)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-26] 火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-27] 活火山の地震波速度変化モニタリングー2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用―

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-28] クラック固有振動のQ値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:45 ~ 17:00

[SVC38-29] 流体亀裂振動の放射特性に関する検討

*山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)、座長:高澤 栄一(新潟大学)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所)

9:00 ~ 9:15

[SCG49-06] Melt transport and compositional heterogeneity of the mantle: a case study of peridotite, dunite, and wehrlite from Atlantis Massif

*秋澤 紀克[1]、Gretchen L. Früh-Green[2]、田村 明弘[3]、田村 千織[1]、森下 知晃[3] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.ETH 地球科学科、3.金沢大学　理工研究域)

9:15 ~ 9:30

[SCG49-07] **Lower crustal accretion processes revealed from the study of gabbroic cores in Holes GT1A and GT2A, the ICDP Oman Drilling Project**

*Sayantani Chatterjee[1]、Eiichi TAKAZAWA[1]、Katsuyoshi Michibayashi[2]、Peter B Kelemen[3]、Damon A.H. Teagle[4]、Oman Drilling Project Phase I Science Party (1.Department of Geology, Faculty of Sciences, Niigata University, Japan、2.Department of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University, Japan、3.Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, USA、4.Southampton Marine and Maritime Institute, University of Southampton, United Kingdom)

9:30 ~ 9:45

[SCG49-08] オマーンに産するリストベナイトの岩石学: 沈み込み帯の炭素循環の解明に向けて

*髙橋 藤馬[1]、森下 知晃[2]、佐藤 宏樹[3]、Guotana Juan[2]、川本 竜彦[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[6]、Michelle Harris[7]、Juerg Matter[6]、道林 克禎[8]、高澤 栄一[9]、Damon Teagle[6]、The Oman Drilling Project Phase 1 science Party (1.国立大学法人金沢大学理工学域自然システム学類地球学コース、2.国立大学法人金沢大学自然科学研究科自然システム学専攻、3.国立大学法人京都大学理学部、4.国立大学法人静岡大学理学部地球化学科、5.Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia university、6.School of Ocean and Earth Science, National Oceanography Center Southampton, University of Southampton、7.School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University、8.国立大学法人名古屋大学理学部地球惑星学科、9.国立大学法人新潟大学自然科学研究所)

9:45 ~ 10:00

[SCG49-09] PGE and Os isotope variation in the gabbros and peridotites from the Oman DP drilling cores in the Samail ophiolite, Oman

*仙田 量子[1,2]、鈴木 勝彦[2]、森下 知晃[3]、高澤 栄一[4]、道林 克禎[5]、Kelemen Peter[6]、Teagle Damon[7]、Coggon Jude[7]、Godard Marguerite[8]、The Oman DP Science Party (1.九州大学比較社会文化研究院、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター 、3.金沢大学理工研究域自然システム学系 、4.新潟大学理学部地質科学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.コロンビア大学、7.サウザンプトン大学、8.モンペリエ大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG49-10] オマーンオフィオライト・ワジタイン岩体のCM1およびCM2サイトにおける地殻-マントル境界の掘削結果の概要

*高澤 栄一[1]、Damon Teagle[2]、道林 克禎[3]、田村 芳彦[4]、Jude Coggon[2]、Juerg Matter[2]、Peter Kelemen[5]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学理学部地質科学プログラム、2.サウサンプトン大学、3.名古屋大学、4.海洋研究開発機構、5.コロンビア大学)

10:15 ~ 10:30

[SCG49-11] オマーン掘削プロジェクトPhase2　マントルセクションから得られた掘削コア試料の岩石学的観察

*市山 祐司[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Scientific Party (1.千葉大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)、座長:森下 知晃(金沢大学)、道林 克禎

10:45 ~ 11:00

[SCG49-12] ちきゅう船上のXCTデータによる超マフィック岩の構造解析

*道林 克禎[1]、柿畑 優季[1]、片山 郁夫[2]、岡本 敦[3]、岡崎 啓史[4]、Peter Kelemen[5]、高澤 栄一[6]、Damon Teagle[7]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[8] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.広島大学、3.東北大学、4.JAMSTEC 高知コアセンター、5.コロンビア大学、6.新潟大学、7.サウサンプトン大学、8.ICDP)

11:00 ~ 11:15

[SCG49-13] Petrophysical characteristics of serpentinized peridotites of Hole BA1B, BA3A and BA4A

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Laura Crispini[3]、Bjorn Jamtveit[4]、Samuel Barbier[5]、Joe Aslin[6]、Manuel Menzel[7]、Marguerite Godard[8] (1.静岡大学大学院総合科学技術研究科、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.ジェノバ大学、4.オスロ大学、5.リヨン第1大学、6.リバプール大学、7.アンダルシア地球科学研究所、8.モンペリエ大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG49-14] Physical properties of the Moho TZ: Implications from ICDP Oman Drilling Project Phase I & II on-board measurements

*阿部 なつ江[1,12]、岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、Ildefonse Benoit[3]、Ole Ulven[4]、Hong Gilbert[5]、Zhu Wenlu[6]、Cordonnier Benoit[4]、道林 克禎[7]、高澤 栄一[8]、Harris Michell[10]、Teagle Damon[11]、ケレメン ピーター[9]、Godard Marguerite[3]、Matter Jurg[11]、Coggon Jude[11]、Scientific Party Oman Drilling Project (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.広島大学、3.モンペリエ大学、4.オスロ大学、5.ソウル大学、6.メリーランド大学、7.名古屋大学、8.新潟大学、9.コロンビア大学、10.プリマス大学、11.サウザンプトン大学、12.金沢大学)

11:30 ~ 11:45

[SCG49-15] **Oman Drilling Project Phase IIから採取されたハルツバージャイトの高圧条件下における地震波異方性**

*畠山 航平[1]、片山 郁夫[1]、阿部 なつ江[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[SCG49-16] 海洋底の拡大モードと海洋地殻構造の解明〜ハワイ沖モホール候補地における深海掘削

*海野 進[1]、森下 知晃[1]、山下 幹也[2]、石塚 治[3] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系、2.（独）海洋研究開発機構、3.産総研・地質調査総合センター)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

[SCG49-P01] 比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.オスロ大学、4.ソウル国立大学、5.メリーランド大学、6.名古屋大学、7.モンペリエ大学、8.コロンビア大学)

[SCG49-P02] オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構)

[SCG49-P03] Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.海洋研究開発機構、2.広島大学、3.新潟大学、4.サウサンプトン大学、5.コロンビア大学)

[SCG49-P04] オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2] (1.金沢大学、2.産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SCG49-P05] Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4.名古屋大学、5.九州大学)

[SCG49-P06] The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学大学院、2.新潟大学理学部、3.JAMSTEC)

[SCG49-P07] Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター)

[SCG49-P08] 層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3] (1.東北大学、2.鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3.Oman Drilling Project Phase 2 Science Party)

[SCG49-P09] X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6] (1.名古屋大学理学部地球惑星科学科、2.コロンビア大学、3.モンペリエ大学、4.新潟大学、5.サウサンプトン大学、6.ICDP)

[SCG49-P10] 東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討

*安井 茜[1]、星出 隆志[1] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科)

[SCG49-P11] Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学、3.ソウル大学校)

[SCG49-P12] Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SCG49-P13] 静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

[SCG49-P01] 比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.オスロ大学、4.ソウル国立大学、5.メリーランド大学、6.名古屋大学、7.モンペリエ大学、8.コロンビア大学)

[SCG49-P02] オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構)

[SCG49-P03] Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.海洋研究開発機構、2.広島大学、3.新潟大学、4.サウサンプトン大学、5.コロンビア大学)

[SCG49-P04] オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2] (1.金沢大学、2.産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SCG49-P05] Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4.名古屋大学、5.九州大学)

[SCG49-P06] The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学大学院、2.新潟大学理学部、3.JAMSTEC)

[SCG49-P07] Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター)

[SCG49-P08] 層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3] (1.東北大学、2.鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3.Oman Drilling Project Phase 2 Science Party)

[SCG49-P09] X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6] (1.名古屋大学理学部地球惑星科学科、2.コロンビア大学、3.モンペリエ大学、4.新潟大学、5.サウサンプトン大学、6.ICDP)

[SCG49-P10] 東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討

*安井 茜[1]、星出 隆志[1] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科)

[SCG49-P11] Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学、3.ソウル大学校)

[SCG49-P12] Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SCG49-P13] 静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:桑野 修(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、清水 以知子

10:45 ~ 11:00

[SCG54-01] 周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー

★招待講演

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2] (1.大阪大学基礎工学研究科、2.京都大学基礎物理学研究所)

11:00 ~ 11:15

[SCG54-02] The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1] (1.海洋研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SCG54-03] フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2] (1.東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2.東京大学 地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG54-04] 続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG54-05] 摩擦熔融時におけるチャートの粘性すべり挙動

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.山口大学)

12:00 ~ 12:15

[SCG54-06] 石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.大和探査技術株式会社、3.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.金沢大学自然科学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:田阪 美樹(島根大学)、石橋 秀巳(静岡大学)

13:45 ~ 14:00

[SCG54-07] 寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性

★招待講演

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2] (1.国土防災技術株式会社、2.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG54-08] 中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.ユトレヒト大学、3.東北大学大学院理学研究科、4.北海道大学大学院理学院自然史研究科)

14:15 ~ 14:30

[SCG54-09] かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

14:30 ~ 14:45

[SCG54-10] 衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.熊本大学パルスパワー研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SCG54-11] 回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

★招待講演

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1.東京工業大学、2.九州大学、3.京都大学、4.愛媛大学、5.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SCG54-12] 六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.岡山大学惑星物質研究所、3.高輝度光科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靱性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靱性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、宇野 正起(東北大学)

9:00 ~ 9:15

[SCG61-13] リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

9:15 ~ 9:30

[SCG61-14] **反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定**

*宇野 正起[1]、笠原 久夢[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SCG61-15] デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4] (1.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2.山口大学工学部機械工学科、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、4.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

9:45 ~ 10:00

[SCG61-16] Fluid distribution in the crust – inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

10:00 ~ 10:15

[SCG61-17] The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1] (1.京都大学防災研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG61-18] 北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2.公益財団法人 地震予知総合研究振興会)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:芝崎 文一郎、佐藤 大祐

10:45 ~ 11:00

[SCG61-19] 不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

*芝崎 文一郎[1] (1.建築研究所国際地震工学センター)

11:00 ~ 11:15

[SCG61-20] Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3.鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SCG61-21] Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2] (1.名古屋大学減災連携研究センター、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.京都大学防災研究所、4.岡山大学教育学研究科、5.信州大学教育学部)

11:30 ~ 11:45

[SCG61-22] ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2] (1.京都大学防災研究所、2.名古屋大学減災連携研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SCG61-23] 粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG61-24] 南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2] (1.京都大学防災研究所、2.米国地質調査所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:内田 直希、飯沼 卓史

13:45 ~ 14:00

[SCG61-25] Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-26] 数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

*丹羽 雄一[1] (1.中央大学理工学部)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-27] S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3.国立研究開発法人 防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-28] 東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1] (1.東北大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-29] 東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について

*高田 陽一郎[1]、稲松 知美[2] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.北海道大学大学院自然史科学専攻)

15:00 ~ 15:15

[SCG61-30] Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats-integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats-integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:横山 正、福士 圭介

13:45 ~ 14:00

[BBC03-01] 熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学、2.東京大学、3.海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[BBC03-02] 天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院　工学院、2.北海道大学大学院　工学研究院)

14:15 ~ 14:30

[BBC03-03] **$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約**

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学、3.海洋研究開発機構、4.東京工業大学)

14:30 ~ 14:45

[BBC03-04] Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1] (1.北海道大学工学部環境地質学研究室)

14:45 ~ 15:00

[BBC03-05] シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3] (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[BBC03-06] 古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:掛川 武、白石 史人(広島大学)

15:30 ~ 15:45

[BBC03-07] Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3] (1.東京工業大学、2.東京海洋大学、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[BBC03-08] **Origins of volcanic SO_2 on Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1] (1.The Pennsylvania State University)

16:00 ~ 16:15

[BBC03-09] **Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa**

*Andrea Agangi[1,2]、Axel Hofmann[2]、Dora Paprika[2]、Andrey Bekker[2,3]、Frantz Ossa-Ossa[2,4] (1.Akita University、2.University of Johannesburg、3.University of California、4.University of Tuebingen)

16:15 ~ 16:30

[BBC03-10] New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1]、Lewis Ward[2]、Takeshi Kakegawa[3]、Yuichiro Ueno[1]、Mayuko Nakagawa[1] (1.Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology、2.Harvard University、3.Tohoku University)

16:30 ~ 16:45

[BBC03-11] Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:45 ~ 17:00

[BBC03-12] Exploring planetary habitability beneath the oceans

★Invited Papers

*稲垣 史生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[E] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

9:00 ~ 10:30 | 201A 2F

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:諸野 祐樹(JAMSTEC)、金子 雅紀(産業技術総合研究所)、加藤 真悟(理化学研究所)

9:00 ~ 9:15

[BCG06-01] 宇宙への開放系としての地球システムと、生命惑星をつくる五層構造

*丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学地球生命研究所)

9:15 ~ 9:30

[BCG06-02] Holocene Antarctic subglacial weathering and ice-sheet history reconstructed using the $^{10}Be/^{9}Be$ ratios of lake Maruwan Oike sediments

*Adam David Sproson[1]、Yusuke Yokoyama[1,2]、Yoshinori Takano[2]、Yosuke Miyairi[1]、Takahiro AZE[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine Science and Technology)

9:30 ~ 9:45

[BCG06-03] Chemical speciation and solubility of heavy elements (lead, zinc, copper, arsenic and cadmium) in contaminated soil from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

*Baasansuren Gankhurel[1]、Keisuke Fukushi[2]、Akitoshi Akehi[1]、Yoshio Takahashi[3]、Kazuo Kawasaki[4] (1.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University、2.Instutute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University、3.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo、4.Graduate School of Science and Engineering for Research, Toyama University)

9:45 ~ 10:00

[BCG06-04] High-mass resolution molecular imaging of organic compounds on the Murchison meteorite.

★Invited Papers

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1,2] (1.九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2.九州大学大学院理学研究院)

10:00 ~ 10:15

[BCG06-05] Fe(II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits

★Invited Papers

*白石 史人[1]、中尾 鴻兵[1]、高島 千鶴[2]、狩野 彰宏[3]、板井 啓明[3] (1.広島大学、2.佐賀大学、3.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG06-06] Heme: The distribution and dynamics of a ubiquitous iron-tetrapyrrole molecule

*伊左治 雄太[1]、高野 淑識[1]、小川 奈々子[1]、大河内 直彦[1] (1.海洋研究開発機構)

[E] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 201A 2F

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:高野 淑識(JAMSTEC)、福士 圭介、鈴木 庸平(東京大学)

10:45 ~ 11:00

[BCG06-07] クロロフィル色素の生合成酵素の多様性と進化

★招待講演

*塚谷 祐介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:20

[BCG06-08] **Microdolomites are not MDACs: microbially-derived carbon source for microcrystalline dolomite found within massive gas hydrates and implications for the shallow marine carbon cycle**

★Invited Papers

*Glen Snyder[1]、Ryo Matsumoto[1]、Naizhong Zhang[1]、Yoshihiro Kakizaki[2]、Yohey Suzuki[2]、Yuji Sano[3]、Naoto Takahata[3]、Kentaro Tanaka[3]、Takumi Imajo[5]、Stephen Bowden[4] (1.Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University、2.University of Tokyo、3.AORI, University of Tokyo、4.University of Aberdeen, Scotland、5.Tokyo University of Marine Science and Technology)

11:20 ~ 11:35

[BCG06-09] **Discriminative biogeochemical signatures of methanotrophs inhabiting different chemosynthetic fields in an active mud volcano of the Canadian Beaufort Sea**

*Dong-Hun Lee[1]、Yung Mi Lee[2]、Jung-Hyun Kim[2]、Young Keun Jin[2]、Charles Paull[3]、Helge Niemann[4,5]、Ji-Hoon Kim[6]、Kyung-Hoon Shin[1] (1.Hanyang Univ.、2.KOPRI、3.MBARI、4.NIOZ and Utrecht Univ.、5.CAGE, UiT 、6.KIGAM)

11:35 ~ 11:50

[BCG06-10] メタン生成アーキアのコア脂質主成分2-ヒドロキシアーキオールのアルキル鎖側の水酸基の絶対立体配置決定

*山内 敬明[1]、金子 雅紀[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.産業総合研究所)

11:50 ~ 12:10

[BCG06-11] Mineral-Microbe interaction – Identification of extracellular electron transfer mechanisms by using MetaOmics approach

★Invited Papers

*石井 俊一[1]、鈴木 志野[1]、Kenneth Nealson[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.南カリフォルニア大)

12:10 ~ 12:15

[BCG06-12] Interactive discussion with the invited speakers

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

[E] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)

[BCG06-P01] **Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere**

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2] (1.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野)

[BCG06-P02] Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立研究開発法人理化学研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

[BCG06-P03] Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[BCG06-P04] **Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom**

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3.信州大学理学部物質循環学コース)

[BCG06-P05] Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.国立研究開発法人理化学研究所)

[BCG06-P06] 微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学、3.高輝度光科学研究センター、4.東北大学)

[BCG06-P07] **Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy**

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

[E] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)

[BCG06-P01] **Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere**

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2] (1.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野)

[BCG06-P02] Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立研究開発法人理化学研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

[BCG06-P03] Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[BCG06-P04] **Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom**

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3.信州大学理学部物質循環学コース)

[BCG06-P05] Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.国立研究開発法人理化学研究所)

[BCG06-P06] 微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学、3.高輝度光科学研究センター、4.東北大学)

[BCG06-P07] **Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy**

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科)、澤木 佑介(東京大学)

10:50 ~ 11:10

[BCG08-01] **The Ediacaran-Cambrian transition of North China**

★Invited Papers

*Xingliang Zhang[1] (1.State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University)

11:10 ~ 11:30

[BCG08-02] The Qingjiang biota – An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

★Invited Papers

*Dongjing Fu[1]、Xingliang Zhang[1]、Robert R. Gains[2] (1.State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, PR China、2.Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA)

11:30 ~ 11:50

[BCG08-03] ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント

★招待講演

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2] (1.熊本大学、2.東京大学、3.東京工業大学、4.千葉工業大学)

11:50 ~ 12:10

[BCG08-04] **End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences**

★Invited Papers

*藤崎 渉[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:藤崎 渉(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

13:45 ~ 14:00

[BCG08-05] 地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1] (1.神戸大学大学院)

14:00 ~ 14:15

[BCG08-06] 最下部カンブリア系SSF生層序の改訂

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2.東京工業大学地球生命研究所 、3.中国西北大学)

14:15 ~ 14:30

[BCG08-07] δ^{88}Sr and^{87}Sr/^{86}Srrecords of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5] (1.熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.国立極地研究所、4.東京工業大学理学院、5.国立科学博物館理工学研究部)

14:30 ~ 14:45

[BCG08-08] パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.熊本大学大学院先端科学研究部、3.薩摩川内市役所、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6.神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科)

14:45 ~ 15:00

[BCG08-09] 白亜紀―古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2] (1.筑波大学 生命環境系、2.高知大学 農林海洋科学部)

15:00 ~ 15:15

[BCG08-10] Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

*磯崎 行雄[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)

[MIS05-P01] 多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2] (1.足利大学、2.北海道大学)

[MIS05-P02] **Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model**

*Kittanapat Bandholnopparat[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Toru Adachi[3]、Masashi Kamogawa[5]、Yasuhiro Minamoto[5]、Akira Kadokura[6]、Tomoo Ushio[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan、4.Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan、5.Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

[MIS05-P03] A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院工学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MIS05-P04] Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4] (1.首都大学東京都市環境学部、2.足利大学工学部、3.東京学芸大学教育学部物理学科、4.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)

[MIS05-P01] 多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2] (1.足利大学、2.北海道大学)

[MIS05-P02] **Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model**

*Kittanapat Bandholnopparat[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Toru Adachi[3]、Masashi Kamogawa[5]、Yasuhiro Minamoto[5]、Akira Kadokura[6]、Tomoo Ushio[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan、4.Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan、5.Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

[MIS05-P03] A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院工学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MIS05-P04] Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4] (1.首都大学東京都市環境学部、2.足利大学工学部、3.東京学芸大学教育学部物理学科、4.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_42

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)

[MIS05-P01] 多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2] (1.足利大学、2.北海道大学)

[MIS05-P02] **Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model**

*Kittanapat Bandholnopparat[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Toru Adachi[3]、Masashi Kamogawa[5]、Yasuhiro Minamoto[5]、Akira Kadokura[6]、Tomoo Ushio[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan、4.Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan、5.Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

[MIS05-P03] A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院工学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MIS05-P04] Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4] (1.首都大学東京都市環境学部、2.足利大学工学部、3.東京学芸大学教育学部物理学科、4.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)、座長:佐藤 光輝(北海道大学)、山下 幸三(足利工業大学工学部)

13:45 ~ 14:00

[MIS05-01] Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms by the system of micro-satellites and ground-based lightning sensors

*高橋 幸弘[4,1]、佐藤 光輝[1,4]、久保田 尚之[4]、山下 幸三[2]、石田 哲朗[4]、Castro Ellison[3]、プルワディ プルワディ[1]、坪木 和久[5]、山田 広幸[6]、篠田 太郎[5]、Estrebillo Loren Joy[1]、Pulutan Doreena Karmina[1] (1.北海道大学・大学院理学院、2.足利大学・工学部、3.フィリピン大学ディリマン校、4.北海道大学・大学院理学研究院、5.名古屋大学・宇宙地球環境研究所、6.琉球大学)

14:00 ~ 14:15

[MIS05-02] **Towards the Implementation of the Understanding Lightning and Thunderstorms for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project**

★Invited Papers

*Glenn Vincent C. Lopez[1] (1.Advanced Science and Technology Institute)

14:15 ~ 14:30

[MIS05-03] **Airborne observation of Super Typhoon Trami in 2018 for understanding the intensity of tropical cyclone in the Philippine Sea**

★Invited Papers

*久保田 尚之[1]、坪木 和久[2]、山田 広幸[3]、高橋 幸弘[1]、篠田 太郎[2]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、伊藤 耕介[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、佐藤 光輝[1] (1.北海道大学、2.名古屋大学、3.琉球大学、4.防災科学研究所、5.気象研究所、6.明星電気)

14:30 ~ 14:45

[MIS05-04] Relation between Lightning and Typhoon Activities (Typhoon LAN) in the Western Pacific Region

*佐藤 光輝[1]、高橋 幸弘[1]、久保田 尚之[1]、山下 幸三[2]、浜田 純一[3]、Marciano Joel[4] (1.北海道大学 大学院理学研究院、2.足利大学 工学部、3.首都大学東京 都市環境学部、4.先端科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[MIS05-05] Infrasound multi-site observation of thunders 3: preparation process for SATREPS

★Invited Papers

*山本 真行[1] (1.高知工科大学　システム工学群)

15:00 ~ 15:15

[MIS05-06] Data Acquisition System for an Infrasound Network for Thunderstorm Monitoring

*Doreena Karmina Abril Pulutan[1]、Yukihiro Takahashi[1]、Mitsuteru Sato[1]、Hisayuki Kubota[1]、Kozo Yamashita[2]、Masa-yuki Yamamoto[3] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University、2.Department of Engineering, Ashikaga University、3.Department of Systems Engineering, Kochi University of Technology)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)、座長:高橋 幸弘(北海道大学)、久保田 尚之(北海道大学 大学院理学研究院)

15:30 ~ 15:45

[MIS05-07] Estimation of Lightning Location Using V-POTEKA Lightning Observation Network

*Loren Joy De Vera Estrebillo[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Hisayuki Kubota[2]、Kozo Yamashita[3]、Junichi Hamada[4]、Joel Marciano[5] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University、2.Faculty of Science, Hokkaido University、3.Faculty of Engineering, Ashikaga University、4.Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University、5.ASTI/DOST)

15:45 ~ 16:00

[MIS05-08] **Observation system for thunderstorm development using ground lightning detection network and thermal infrared camera onboard satellite LAPAN-A4 in Indonesia**

*Purwadi Purwadi[1,2]、Yukihiro Takahashi[1]、Mitsuteru Sato[1]、Kozo Yamashita[3]、M. Arif Saifudin[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo 0600810, Japan、2.Agency for Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta 10340, Indonesia、3.Department of Technology, Ashikaga Institute of Technology, Tochigi 3268558, Japan、4.Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Jawa Barat 16310, Indonesia)

16:00 ~ 16:15

[MIS05-09] Remote Sensing Water Quality Determination using Multi-spectral Analysis

*Ahmad Shaqeer Mohamed Thaheer[1]、Yukihiro Takahashi[1] (1.Hokkaido University)

16:15 ~ 16:30

[MIS05-10] Study of cloud effects on atmospheric electric field during lightning activities and snowfall using the 95-GHz cloud radar FALCON-I

★Invited Papers

*大矢 浩代[1]、中森 広太[1]、鴨川 仁[2]、鈴木 智幸[2]、鷹野 敏明[1]、諸富 和臣[3]、中田 裕之[1]、塩川 和夫[4] (1.千葉大学大学院工学研究院、2.東京学芸大学、3.日本無線株式会社、4.名古屋大学)

16:30 ~ 16:45

[MIS05-11] Preferred environmental conditions of precipitation systems in and around Bangladesh observed by ground-based radars

★Invited Papers

*村田 文絵[1]、東 修平[2]、寺尾 徹[3]、Hassan Quamrul[4] (1.高知大学理工学部、2.高知大学理学部、3.香川大学教育学部、4.バングラデシュ気象局)

16:45 ~ 17:00

[MIS05-12] 雷ガンマ線観測：2018年度における冬の柏崎でのコリメータ付きガンマ線検出器の観測結果と夏の東京スカイツリーでの観測の試み

★招待講演

*中澤 知洋[1]、松元 崇弘[2]、和田 有希[2]、Fabiani Alexia[1]、榎戸 輝揚[3]、奥田 和史[2]、古田 禄大[4]、會澤 優輝[2]、湯浅 孝行[5]、土屋 晴文[4]、佐藤 光輝[6]、牧島 一夫[7] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.京都大学、4.日本原子力研究開発機構、5.理化学研究所、6.北海道大学、7.東京大学 Kalvi IPMU)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)

9:00 ~ 9:15

[MIS10-01] リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2] (1.産業技術総合研究所、2.九州大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS10-02] 生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1] (1.弘前大学　地域戦略研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS10-03] プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学金属材料研究所、2.国立交通大学応用化学系、3.国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4.奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5.名古屋大学未来材料・システム研究所、6.千葉大学分子キラリティー研究センター、7.千葉大学大学院工学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS10-04] Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

10:00 ~ 10:30

[MIS10-05] DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析

★招待講演

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1] (1.名古屋大学、2.東京大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:佐藤 久夫

10:45 ~ 11:00

[MIS10-06] 2元系コロイド結晶の成長メカニズム

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS10-07] ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MIS10-08] 天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[MIS10-09] Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学大学院理学研究科、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS10-10] Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス

*三浦 均[1] (1.名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_43

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、座長:関根 康人(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、臼井 寛裕

9:00 ~ 9:15

[MIS11-13] A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.海洋研究開発機構、3.カリフォルニア工科大学、4.ジェット推進研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS11-14] 炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定

*井原 貴之[1]、城野 信一[1] (1.名古屋大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS11-15] 初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野)

9:45 ~ 10:00

[MIS11-16] 陸惑星におけるハビタブルゾーン

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3] (1.ボルドー大学 、2.東京工業大学地球生命研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[MIS11-17] 海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6] (1.神戸大学、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.京都大学、5.北海道大学、6.惑星科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS11-18] Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

★Invited Papers

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3.滋賀県立大学　工学部、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.奈良女子大学、6.京都産業大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] **リュウグウ母天体の水-岩石反応**

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_44

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] **リュウグウ母天体の水-岩石反応**

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:石田 直人、戸丸 仁

10:45 ~ 11:00

[MIS21-01] $^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS21-02] 異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS21-03] ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS21-04] メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究

*青山 千春[1] (1.国立大学法人東京海洋大学)

11:45 ~ 12:00

[MIS21-05] Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1]、Tamara Baumberger[1]、Robert W. Embley[1]、Susan G. Merle[1]、Camilla Wilkinson[1]、Conrad Young[2] (1.NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA、2.Young Engineering, Ramona, CA. USA)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:八久保 晶弘(北見工業大学)、戸丸 仁

13:45 ~ 14:00

[MIS21-06] 日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4] (1.明治大学院農学研究科、2.マックスプランク研究所、3.明治大学農学部、4.明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS21-07] 上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態

*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS21-08] メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2.鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3.千葉大学 理学部 地球科学科、4.明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS21-09] 日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1] (1.明治大学研究知財戦略機構、2.明治大学理工学部応用化学科)

14:45 ~ 15:00

[MIS21-10] オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3] (1.北見工業大学、2.北海道立総合研究機構地質研究所、3.北海道立総合研究機構釧路水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MIS21-11] All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1]、IVAN VARGAS-CORDERO[2]、JOAQUIM P. BENTO[3]、JAN BEHRMANN[1]、UMBERTA TINIVELLA[4]、MICHELA GIUSTINIANI[4] (1.Helmholtz Centre for Ocean Research、2.Universidad Andres Bello 、3.Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso、4.Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

9:00 ~ 10:30 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:森本 健志

9:00 ~ 9:15

[MIS27-01] Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3] (1.首都大学東京、2.電気通信大学、3.宇宙航空研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[MIS27-02] X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2] (1.電気通信大学、2.首都大学東京)

9:30 ~ 9:45

[MIS27-03] 東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1] (1.防災科学技術研究所、2.ニューメキシコ鉱物工科大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS27-04] 日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3] (1.電気通信大学大学院、2.群馬大学、3.EarthNetworks)

10:00 ~ 10:15

[MIS27-05] 雷現象と地上構造物の雷害対策

★招待講演

*横山 茂[1] (1.静岡大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS27-06] Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1] (1.電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2.University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3.University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4.Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5.University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6.EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7.Nagoya University, Nagoya, Japan)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

10:45 ~ 12:15 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:芳原 容英

10:45 ~ 11:00

[MIS27-07] 地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望

★招待講演

*早川 正士[1] (1.電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS27-08] 非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2] (1.電気通信大学、2.University of Sheffield、3.University of Bengkulu)

11:15 ~ 11:30

[MIS27-09] Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1]、Simon N Walker[1] (1.University of Sheffield)

11:30 ~ 11:45

[MIS27-10] 冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13] (1.東京大学、2.理化学研究所、3.京都大学、4.名古屋大学、5.日本原子力研究開発機構、6.金沢大学、7.東京学芸大学、8.神戸市立工業高等専門学校、9.近畿大学、10.北海道大学、11.富山大学、12.金沢工業大学、13.首都大学東京)

11:45 ~ 12:00

[MIS27-11] ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3] (1.近畿大学、2.神戸市立工業高等専門学校、3.中部大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_46

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)、座長:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University, Taiwan)

10:45 ~ 11:00

[MGI29-01] Groundwater management for global sustainability

★招待講演

*谷口 真人[1] (1.総合地球環境学研究所)

11:00 ~ 11:15

[MGI29-02] **Building the large-scale specific yields over the Zhuoshui river alluvial fan and Minzhu basin with gravimetric technique**

*Ren-Jhih Yang[1]、Shen Yu Hsiao[1]、Yan-Jyun Lin[1]、Zhen-Yu Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

11:15 ~ 11:30

[MGI29-03] **Poro-elastic Deformation of a Heterogenous Geologic Medium due to Groundwater Withdrawal**

*Ajit Joshi[1]、Masaatsu Aichi[1] (1.Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

11:30 ~ 11:45

[MGI29-04] **Analytical Solution of a Ditch Drainage System for the restoration of waterlogged site considering a Subsurface Source/Sink**

*SHUBHAM TIWARI[1]、BRIJESH KUMAR YADAV[1]、RATAN SARMAH[2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Indian Institute of Technology Ropar)

11:45 ~ 12:00

[MGI29-05] **Variable-density flow and mass transport in unsaturated-saturated aquifers under horizontal groundwater flow conditions**

*Jiaqi Liu[1]、Tomochika Tokunaga[1] (1.The University of Tokyo)

12:00 ~ 12:15

[MGI29-06] A practical approach to evaluating water inflow for underground water-sealed storage cavern

*Jing-Sen Cai[1] (1.China University of Geosciences)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)

[MGI29-P01] Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1] (1.千葉大学大学院)

[MGI29-P02] Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1]、Chin-Tsai Hsiao[4]、Liang-Cheng Chang[2]、You-Cheng Chen[2]、 Chun-Hung Chen[3]、 Yun-Ta Cheng[3]、Jen-Hung Yu[3] (1.National Cheng Kung University, Taiwan 、2.National Chiao Tung University, Taiwan 、3.Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan、4.Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology)

[MGI29-P03] Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

*CHIHPING KUO[1]、BONIAN SHEN[1]、CHIHWEI HUANG[1]、YUCHIAO LEE[1]、SHENXIANG HUANG[1]、YENLIN CHEN[1] (1.Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology)

[MGI29-P04] The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1]、Tomoyuki Ohtani[2] (1.Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University、2.Department of Civil Engineering, Gifu University)

[MGI29-P05] Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5]、Yao-Tsung Chen[3]、Tien-Hsing Tung[3]、Chih-Hung Cheng[2]、Jie Wang[4] (1.NCU TW、2.Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C、3.Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C.、4.Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan、5.Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan)

[MGI29-P06] **Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method**

*Shih-Yang Cheng[1]、Kuo-Chin Hsu[1] (1.National Cheng Kung Univ.)

[MGI29-P07] Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng [1]、*Hwa-Lung Yu[1] (1. National Taiwan University)

[MGI29-P08] The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1]、Ta Wei Chen[2] (1.Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ.、2.Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_47

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)

[MGI29-P01] Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1] (1.千葉大学大学院)

[MGI29-P02] Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1]、Chin-Tsai Hsiao[4]、Liang-Cheng Chang[2]、You-Cheng Chen[2]、 Chun-Hung Chen[3]、 Yun-Ta Cheng[3]、Jen-Hung Yu[3] (1.National Cheng Kung University, Taiwan 、2.National Chiao Tung University, Taiwan 、3.Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan、4.Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology)

[MGI29-P03] Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

*CHIHPING KUO[1]、BONIAN SHEN[1]、CHIHWEI HUANG[1]、YUCHIAO LEE[1]、SHENXIANG HUANG[1]、YENLIN CHEN[1] (1.Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology)

[MGI29-P04] The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1]、Tomoyuki Ohtani[2] (1.Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University、2.Department of Civil Engineering, Gifu University)

[MGI29-P05] Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5]、Yao-Tsung Chen[3]、Tien-Hsing Tung[3]、Chih-Hung Cheng[2]、Jie Wang[4] (1.NCU TW、2.Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C、3.Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C.、4.Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan、5.Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan)

[MGI29-P06] **Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method**

*Shih-Yang Cheng[1]、Kuo-Chin Hsu[1] (1.National Cheng Kung Univ.)

[MGI29-P07] Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng [1]、*Hwa-Lung Yu[1] (1. National Taiwan University)

[MGI29-P08] The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1]、Ta Wei Chen[2] (1.Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ.、2.Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_48

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)、座長:伊藤 孝(茨城大学)、高橋 嘉夫(東京大学)、鈴木 勝彦(JAMSTEC)

15:30 ~ 15:45

[MGI34-01] 海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3.高知大学農林海洋科学部)

15:45 ~ 16:00

[MGI34-02] 酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構、3.農業・食品産業技術総合研究機構、4.高輝度光科学研究センター、5.東京大学、6.愛媛大学、7.広島大学、8.高エネルギー加速器研究機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI34-03] 深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6] (1.筑波大学数理物質系、2.広島大学大学院理学研究科、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[MGI34-04] モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI34-05] **Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules**

*Shitong Yang[1]、Soichiro Uesugi[1]、Haibo Qin[1]、Akira Usui[2]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo、2.Geology Department, Kochi University)

16:45 ~ 17:00

[MGI34-06] Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:樫村 博基

13:45 ~ 14:00

[MGI35-01] 太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究

*草野 完也[1]、堀田 英之[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.千葉大学大学院融合理工学府)

14:00 ~ 14:15

[MGI35-02] 全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1] (1.神戸大学/惑星科学研究センター、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MGI35-03] 原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.名古屋大学工学研究科、3.筑波大学計算科学センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI35-04] Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.理化学研究所計算科学研究機構、4.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI35-05] ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,

*牧野 淳一郎[1,2] (1.神戸大学、2.理研計算科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_49

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)

[MZZ50-P01] 越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー

*阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[MZZ50-P02] 国境を越えた災害に対する地域協力

*荒木田 勝[1] (1.アジア防災センター)

[MZZ50-P03] Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_50

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)

[MZZ50-P01] 越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー

*阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[MZZ50-P02] 国境を越えた災害に対する地域協力

*荒木田 勝[1] (1.アジア防災センター)

[MZZ50-P03] Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)、座長:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所)、荒木田 勝(アジア防災センター)

15:35 ~ 15:50

[MZZ50-01] The development of the European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems after 2010 Eyjafjallajokull eruption - from the perspective of European Union law -

*荒島 千鶴[1] (1.神戸学院大学)

15:50 ~ 16:05

[MZZ50-02] Preparing for volcanic disasters: Risk communication issues when dealing with international tourists.

★Invited Papers

*Ana Maria Cruz Naranjo[1]、Giuseppe Aliperti[1] (1.Kyoto University Disaster Prevention Research Institute)

16:05 ~ 16:20

[MZZ50-03] Mitigation of volcanic hazard in Sakurajima, Japan, through the coordinating committee and through communication with the public

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

16:20 ~ 16:35

[MZZ50-04] An experimental forecasting technique for the ash hazard from Sakurajima volcano, Japan

*Alexandros Panagiotis Poulidis[1]、Tetsuya Takemi[1]、Masato Iguchi[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

16:35 ~ 16:50

[MZZ50-05] 宇宙技術の早期警報への応用と越境型災害への効果的な対応

★招待講演

*鈴木 弘二[1] (1.アジア防災センター、神戸大学都市安全研究センター)

16:50 ~ 17:00

[MZZ50-06] Discussion -Research Framework for Trans-boudary Disaster

*Mayumi Sakamoto[1] (1.Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo)

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

日本地球惑星科学連合ではオープンアクセス出版の「Progress in Earth and Planetary Science」(PEPS)を2014年に創刊し、2018年にIFが付与された．PEPSの創刊とその後の発展にとって、研究成果公開促進費（科研費）「国際情報発信強化」による支援は不可欠であった．また、関連学協会の欧文誌も科研費の支援を受けて国際情報発信力を強化しつつある．オープンアクセス電子ジャーナルは新しい出版形態で，欧米で急速にその整備が進行している．本セッションでは，地球惑星科学における学術出版の将来、特にオープンアクセス電子ジャーナルの今後の展開、データ出版と著者IDなどについて、外部から招待講演者を招いて講演および議論を行う．

9:00 ~ 9:30

[U03-01] 学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割
★招待講演

*林 和弘[1] (1.文部科学省科学技術・学術政策研究所)

9:30 ~ 10:00

[U03-02] 学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価
★招待講演

*棚橋 佳子[1] (1.クラリベイト・アナリティクス)

10:00 ~ 10:30

[U03-03] 我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。
★招待講演

*大石 道夫[1] (1.公益財団法人かずさDNA研究所)

学術論文を中心とした学術情報流通のゲームチェンジと学会及びピアレビューの役割

Game-change of scholarly communication based on papers and the role of learned society and peer-review

*林 和弘[1]
*Kazuhiro Hayashi[1]

1. 文部科学省科学技術・学術政策研究所
1. National Institute of Science and Technology Policy

Author reviews current topics of game-changing in scholarly communication base on papers and discuss the significance of learned society and peer review. Both couldn't stay as they are, but still have potential to keep scholarly communication healthier, resulting in transformation of scholarly society to the new research paradigm.

キーワード：オープンサイエンス、オープンアクセス、研究プラットフォーム、ピアレビュー
Keywords: Open Science, Open Access, Research Platform, Peer review

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学術出版の最新動向とこれからのジャーナル評価
The future of the journal metrics and new trend of the scholarly publishing

*棚橋 佳子[1]
*Yoshiko Tanahashi[1]

1. クラリベイト・アナリティクス
1. Clarivate Analytics

最近の学術出版における最新動向とこれからのジャーナル評価について考察する。Clarivate Analytics社にはWeb of Scienceに収録するジャーナルを厳選する上で、１970年代から現在に至るまで一貫した選択基準がある。その選択基準を見ることで、グローバルに際立つジャーナルとなり、グローバルな視点でジャーナル運営を行い、日本発のジャーナルが戦略を持ってグローバルリサーチコミュニティに臨んでいくための視点を考察したい。さらにWeb of Scienceの論文データを地球惑星関連のジャーナル群にまとめ、ジャーナルの現状把握の基本となるベンチマークを提示する。また地球惑星科学関連分野において、Web of Science上のOAジャーナル現状を統計としてまとめ最近の傾向を見る。加えて、日本発ジャーナルの現状、興隆する中国や他国発のジャーナルの動向を地球惑星科学関連分野において最新動向を把握し、当該領域内でジャーナルのプレゼンスを高めていくための戦略策定に役立つ視点を探りたい。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

我が国における国際自然科学学術誌刊行における課題。"DNA Research"をケーススタデイとして。
Underlying Issues and Problems in Publishing International Scientific Journals in Japan. “DNA Research” As A Case Study.

*大石 道夫[1]
*Michio Oishi[1]

1. 公益財団法人かずさDNA研究所
1. Kazusa DNA Research Institute

In this presentation, I would like to discuss certain issues and problems in regards to publishing scientific journals in Japan. My talk is a reflection of my experience as the Editor-in-Chief of the journal “DNA Research” which was launched at the inauguration of the Kazusa DNA Research Institute in 1994.

Firstly, I would like to introduce the current status of DNA Research, an open access journal, regarding the editorial policy and processes, the scope, the publisher, the geographical distribution of the submitted and published papers, the acceptance rate, the impact factor (IF) and some other aspects.

Secondly, I would like to discuss some of the issues and problems in publishing scientific journals in Japan. One important issue is how to ensure objectivity in reviewing manuscripts; a problem often stemming from the unique cultural, social and academic environment of Japan. Another important issue is how to maintain a consistent editorial policy over the long term, ideally by the same Editor-in-Chief, Executive Editor and majority of associated editors. This may be difficult for some journals of academic societies in which editors selected from their members undergo turnover of their duties every few years. Furthermore, since any of these editorial jobs is quite demanding, few scientists active in research are willing to accept or assume these positions. Regarding the financing of scientific journals, we, DNA Research, decided not to seek financial support from outside; the reason will be presented.

Thirdly, I would like to list our efforts to improve the IF of our journal which now stands at between 5 and 6. Most researchers agree that it may not be correct to evaluate scientific journals by IF alone, but it is also true that there is no other reliable way to evaluate scientific journals objectively and quantitatively. In fact, the IF is now also being utilized for the evaluation of researchers themselves for the purposes of their promotion, job accession and others by taking into consideration the IF of the journals where their papers have appeared. These developments have prompted us to take steps to strive for a higher IF for our journal.

Fourthly, I would like to mention the challenge of dealing with online-publication (e-publication) and open access of scientific journals. Online-publication has virtually eliminated costs for the printing and delivery of journals, thus paving a way to publishing papers at lower cost which benefits scientific journals like ours without outside financial support. The open access movement, which was originally conceived as the result of the demand from the general public and research funders in US and EU countries, has become a mainstream trend in the publication of scientific journals. In an open access world, revenues come from the article processing charge (APC) rather than subscription charges, providing a new incentive for higher IF journals, since the level of APC often reflects the IF of the journal. Because of these trends, the number of journals which employ online only publication and/or open access is rapidly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

increasing, thus creating more competitions among scientific journals which are vying for higher-grade (IF) rankings.

Finally, I would like to discuss the need and possibility of creating a journal such as Nature or Science in Japan which focuses specifically on emerging research in the natural sciences in Asia.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 U (ユニオン)：ユニオン

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 101 1F

[U-03] 地球惑星科学における学術出版の将来

コンビーナ:川幡 穂高(東京大学　大気海洋研究所)、小田 啓邦(産業技術総合研究所地質情報研究部門)、座長:小田 啓邦、川幡 穂高

日本地球惑星科学連合ではオープンアクセス出版の「Progress in Earth and Planetary Science」(PEPS)を2014年に創刊し、2018年にIFが付与された．PEPSの創刊とその後の発展にとって、研究成果公開促進費（科研費）「国際情報発信強化」による支援は不可欠であった．また、関連学協会の欧文誌も科研費の支援を受けて国際情報発信力を強化しつつある．オープンアクセス電子ジャーナルは新しい出版形態で，欧米で急速にその整備が進行している．本セッションでは，地球惑星科学における学術出版の将来、特にオープンアクセス電子ジャーナルの今後の展開、データ出版と著者IDなどについて、外部から招待講演者を招いて講演および議論を行う．

10:45 ~ 11:05

[U03-04] Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

★Invited Papers

*井龍 康文[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

11:05 ~ 11:25

[U03-05] "Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

★Invited Papers

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2] (1.東京工業大学理学院火山流体研究センター、2.東京大学地震研究所)

11:25 ~ 11:55

[U03-06] 学術研究成果と「出版」のあり方の試論〜論文、データ、デジタル化

★招待講演

*村山 泰啓[1] (1.国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス)

11:55 ~ 12:15

[U03-07] **日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化**

★招待講演

*川幡 穂高[1] (1.東京大学　大気海洋研究所)

Review of editorial work for PEPS in 2018-2019 and new strategy for 2019–2020

*井龍 康文[1]
*Yasufumi Iryu[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Institute of Geology and Paleontology Graduate School of Science Tohoku University

Progress in Earth and Planetary Science (PEPS) is a peer-reviewed, open-access electric journal published by the Japan Geoscience Union in partnership with Springer. PEPS received its first manuscript at the end of 2013 and we published our first papers in April 2014. By the end of the year 2018 we had published 244 scientific articles. In the first half of the year 2018 PEPS received good news. PEPS received its first Impact Factor of 2.481, which was announced in the June 2018 edition of Clarivate Analytics Journal Citation Reports. PEPS currently ranks 66/189 in the category ‘Geosciences, Multidisciplinary’. Whilst this does not yet make us a Q1 journal we are close.

In addition to being funded by the JpGU, PEPS received a grant-in-aid for scientific research from the Japan Society for the Promotion of Science. As the period covered by this five year grant-in-aid drew to an end we applied for funds for the next five fiscal years (2018-2012). Unfortunately our application has been rejected. Due to this, we were forced to raise article processing charges (APC). Since its inception we have always planned for PEPS to become entirely supported by APCs and therefore completely self financing and we have done some analysis and planning towards this goal. Our analysis shows that the most important thing is that we all focus on maintaining and increasing PEPS’ status as one of the leading journals in our field because this is the surest way of increasing our APC income.

New strategy for 2019-2020 is in preparation and will be introduced in the JpGU meeting 2019.

キーワード：地球惑星科学、Progress in Earth and Planetary Science、オープンアクセス電子ジャーナル、日本地球惑星科学連合
Keywords: Earth and planetary science, Progress in Earth and Planetary Science, Open access e-journal, Japan Geoscience Union

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

"Earth, Planets and Space" An Open Access Journal: Past, Present and and Future

*小川 康雄[1]、馬場 聖至[2]
*Yasuo Ogawa[1], Kiyoshi Baba[2]

1. 東京工業大学理学院火山流体研究センター、2. 東京大学地震研究所
1. Volcanic Fluid Research Center, School of Science, Tokyo Institute of Technology, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

EPS (Earth, Planets and Space) is a peer-reviewed open access journal published on behalf of the following five societies; The Society of Geomagnetism and Earth, Planetary and Space Sciences, The Seismological Society of Japan, The Volcanological Society of Japan, The Geodetic Society of Japan, The Japanese Society for Planetary Sciences. These five societies are all society members of the Japan Geoscience Union.

EPS was established in 1998 as a continuation of the two journals, the Journal of Geomagnetism and Geoelectricity (1949 to 1997) and the Journal of Physics of the Earth (1952 to 1997). In 2014 we started open access publication under the SpringerOpen platform. Open Access publication successfully shortened the publication time, increased visibility of the journal and widened its international readership. We publish average of 190 papers per year and half of the authors are from overseas. One of the qualification indices of the journal, impact factor (IF), is continuously increasing from 1.328 (2014) to 2.773 (2017) and it will also go over 2.6 in 2018. The increasing IF is supported both by increase of highly cited papers and by decrease of uncited papers, suggesting the success of quality control by the editorial board and possibly increasing of the visibility via open access.

The scope of EPS covers Earth and Planetary Sciences, particularly geomagnetism, aeronomy, space science, seismology, volcanology, geodesy, and planetary science. The EPS share common scopes as well as a common journal platform with PEPS (Progress in Earth and Planetary Science). In contrast to PEPS, which emphasizes review papers, EPS is characterized by the following article types: (1) “Express Letter” which aims at fast publications, (2) “Technical reports“, which describe technical developments for scientific researches and (3) “Frontier Letters” for leading edge researches only with the invitation from the editor in chief. EPS promotes topical article collections (what we call special issues) on the first results of geoscientific events (earthquakes and volcanic eruptions) and scientific missions (satellite missions). EPS has been recently successful in attractive special issues.

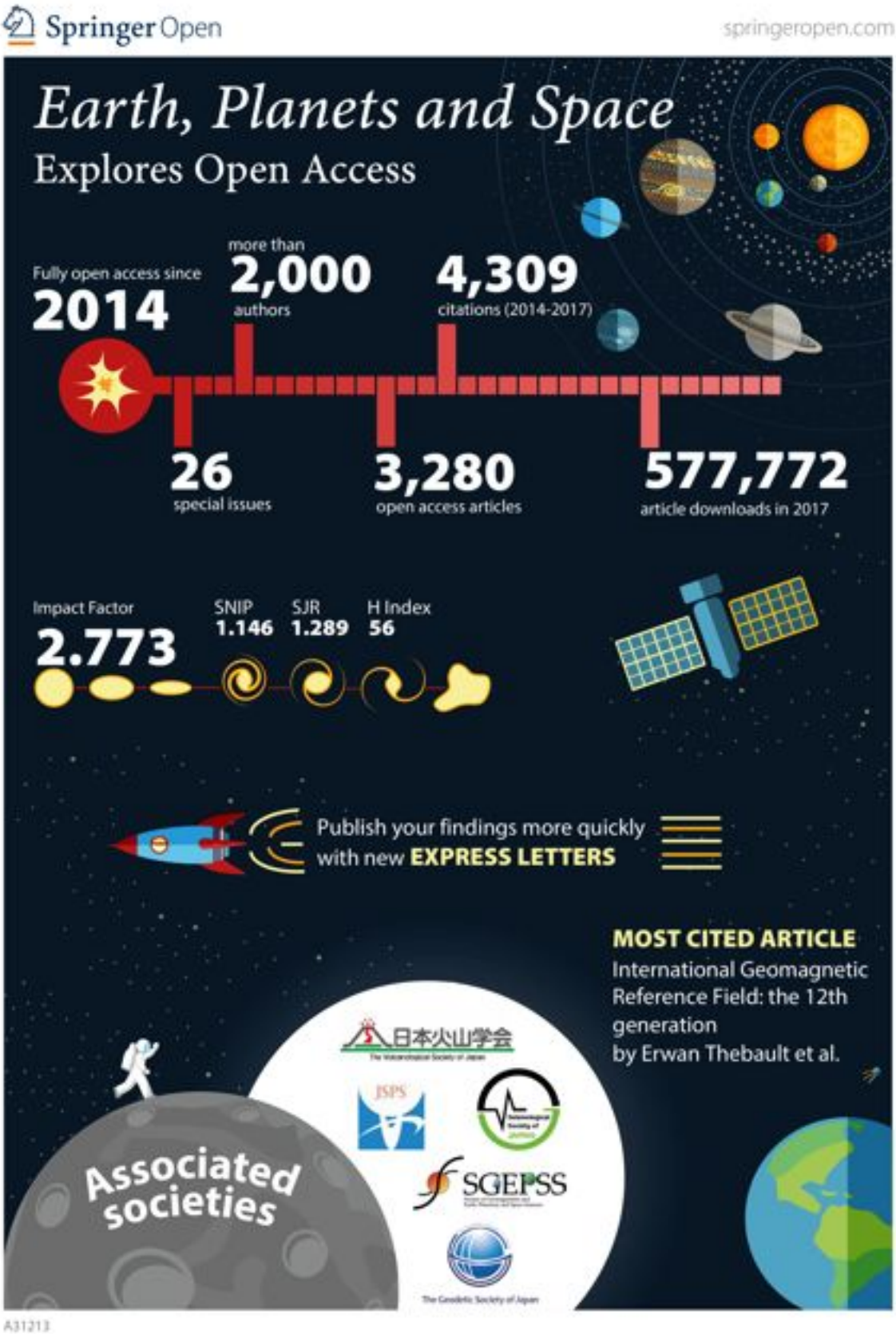
Aiming at fast and qualified review system, we have expanded editorial board members internationally since 2017. Now we have currently 50 regular editors (including 22 oversea editors). The oversea editors are 10 from Europe, 3 from North America, 5 from Asia, and 3 from Oceania.

As part of the promotion of the journal we have four annual awards to recognize authors and reviewers: (1) EPS Excellent paper awards, (2) EPS Young researcher award, (3) Highlighted Paper Awards and (4) Excellent Paper Awards.

From 2018, EPS has strengthened ties with JpGU. EPS has started collaborative advertisement activities at major domestic and international academic meetings, like JpGU, AGU, EGU and AOGS. EPS has updated the APC (Article Processing Charge) in September 2018 for sustainable operations of the journal.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：オープンアクセス雑誌、地球惑星科学
Keywords: open access journal, Earth and Planetary sciences



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

学術研究成果と「出版」のあり方の試論～論文、データ、デジタル化
Scientific Research Output and Publication: research article, data, and digital transformation

*村山 泰啓[1]
*Yasuhiro Murayama[1]

1. 国立研究開発法人情報通信研究機構 戦略的プログラムオフィス
1. Strategic Program Produce Office, National Institute of Information and Communications Technology

学術研究成果が原則的に原著論文の執筆と出版、引用といった手段をつうじて研究評価にもちいられてきた一方、外形的な評価手法が学術のあり方にかならずしも良い影響を与えない心配も議論されるようになってきた。インターネットの発明とデジタル技術基盤の普及を通じて、オンラインオブジェクトとしての論文ファイルについてオープンアクセスジャーナルというあり方が議論される一方で、さらに化学者の時間と労力、高度な科学的知見を注いで作成されう研究成果物としての研究データ（およびソフトウェア、測定技術・機器などなど）とあわせて、総合的な科学業績の「正当な」評価が確立されるべきという意見も国際的には散見されるようになってきた。学術研究業績の「出版」のあり方は論文、データ、をふくむ成果物がデジタル化されていくであろう社会の中で公的・商業的双方の側面においてどのように取り扱われることが、より研究者コミュニティが長期的によりよい研究成果を生み出し、かつそれを通じてよりよい社会貢献（もっとも広い意味で）をなしうるか、を考察していくことは、今後の学術研究のあり方を考えていく上で重要と考えられる。このような視点において、本講演では「試論」として議論を試みたい。

キーワード：オープンアクセス、研究データ、デジタル変革
Keywords: open access, research data, digital transformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の地球惑星科学共同体による国際情報発信強化
Enhancing dissemination of research activities to international communities by Japanese Geoscience Union

*川幡 穂高[1]
*Hodaka Kawahata[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所
1. Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo

日本の地球惑星科学コミュニティの総力を挙げて，日本発の英文学術雑誌Progress in Earth and Planetary Science (PEPS)誌を創刊して5年間が経過した．ジャーナルの影響度を測る代表的な評価指標であるClarivate Analytics（旧Thomson Reuter）のインパクトファクター（IF），及びElsevier/SCOPUSのCiteScoreを2018年に初めて取得した．初回数値として，それぞれ2.481と2.52を得て，地球惑星科学分野の一流ジャーナル誌に近い値となった．2019年はこれらの値は，さらに上昇しそうである．

PEPS誌とEPS誌は，過去5年間のうちに出版プラットフォームをSpringerOpenで統一してOA電子ジャーナルとしての基盤を整えた．今後は，2誌の取組を，統一的に国際情報発信強化することで相乗効果を上げていくことを指向する．第2回JpGU-AGU共同大会（2020年）には1,000人以上の海外からの研究者の参加と発表が見込まれ，PEPS誌とEPS誌の協力特集号を組み海外情報発信を強化する予定である．

本取り組みは，JpGU参加学協会が出版する雑誌についても，コミュニティとしてサポートする際の第一ステップと位置づけて取り組む予定である．

キーワード：オープンアクセス、電子ジャーナル、PEPS
Keywords: open access, e-journal , Progress in Earth and Planetary Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)、座長:Kunio Sayanagi(Hampton University)、黒田 剛史

The giant planets provide many keys to understanding planetary processes. They play an important role in shaping our solar system, and the physical and chemical processes they harbor also provide a unique opportunity to study the phenomena relevant for studying Earth and other planets, including exoplanetary systems. In this session, we discuss a wide range of topics encompassing the giant planets and their moons, including their origins, interiors, atmospheres, compositions, surface features, and electromagnetic fields. To advocate for current and future outer planets exploration (Cassini, Juno, New Horizons, JUICE, and beyond), we also call for discussions on future missions to explore giant planet systems, including how to develop better international cooperation. Discussion in this latter category will include progress in developing a solar sail mission concept for observing the Jupiter system and its trojan asteroids.

9:00 ~ 9:15

[PPS01-06] Radiative transfer simulation including a non-LTE model for terahertz observations of Ganymede's atmosphere

*山田 崇貴[1]、Rezac Ladislav[2]、Larsson Richard[2]、Hartogh Paul[2]、吉田 尚弘[3]、笠井 康子[1,3] (1.情報通信研究機構、2.マックスプランク太陽系研究所、3.東京工業大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS01-07] Vertical Mass Flux by the 2010-2011 Great Storm of Saturn

*Sayanagi Kunio M.[1]、Gunnarson Jacob L.[1]、Blalock John J.[1]、Achterberg Richard K.[2]、Flasar F. Michael[2]、Ingersoll Andrew P.[3]、Ewald Shawn P.[3]、Dyudina Ulyana A.[3] (1.Hampton University、2.NASA Goddard Space Flight Center、3.California Institute of Technology)

9:30 ~ 9:48

[PPS01-08] Microwave observations of the giant planets - Cassini/Radar and Juno/MWR

★Invited Papers

*Cheng Li[1]、Virgil Adumitroaie[2]、John Arballo[2]、Sushil K Atreya[3]、Scott J Bolton[4]、Andrew Ingersoll[1]、Michael Janssen[2]、Steven Levin[2]、Jonathan Lunine[5]、Glenn Orton[2]、Paul Steffes[6]、Hunter Waite[4] (1.California Institute of Technology、2.Jet Propulsion Laboratory、3.University of Michigan Ann Arbor、4.Southwest Research Institute、5.Cornell University、6.Georgia Institute of Technology)

9:48 ~ 10:06

[PPS01-09] **Tracing Formation and Evolution of Outer Solar System Bodies through Stable Isotopes and Noble Gas Abundances**

★Invited Papers

*Kathleen Mandt[1] (1.Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

10:06 ~ 10:24

[PPS01-10] Icy Giant Planet Exploration

★Invited Papers

*Sushil K Atreya[1]、Mark D. Hofstadter[2]、Amy Simon[3]、Kim R. Reh[2]、Olivier Mousis[4]、Krista Soderlund[5] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Jet Propulsion Laboratory、3.Goddard Space Flight Center、4.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille、5.University of Texas at Austin)

10:24 ~ 10:30

Discussion

Radiative transfer simulation including a non-LTE model for terahertz observations of Ganymede's atmosphere

*山田 崇貴[1]、Rezac Ladislav[2]、Larsson Richard[2]、Hartogh Paul[2]、吉田 尚弘[3]、笠井 康子[1,3]
*Takayoshi Yamada[1], Ladislav Rezac[2], Richard Larsson[2], Paul Hartogh[2], Naohiro Yoshida[3], Yasuko Kasai[1,3]

1. 情報通信研究機構、2. マックスプランク太陽系研究所、3. 東京工業大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Max Planck Institute for Solar System Research, 3. Tokyo Institute of Technology

We are developing a teraherz radiative transfer code, named Atmospheric Teraherz Radiation Simulator (ATRASU), for simulations of sub-millimeter observations of planetary atmospheres.
Because of the tenuous Ganymede atmosphere we need to include non-local thermodynamic equilibrium (non-LTE) conditions of H_2O rotational levels to simulate observations by the Submillimeter Wave Instrument (SWI) on the JUpiter ICy moon Explorer (JUICE). The frequency windows of the JUICE/SWI are 530 to 625 GHz and 1080 to 1275 GHz with 100 kHz spectral resolution.
We developed a deterministic non-LTE solution based on the multilevel Gauss–Seidel method. The simulated energy level populations of H_2O for SWI observations start to deviate from LTE at 100 to 200 km altitude around sub-solar latitudes of 10 degrees. At sub-solar latitudes around 60 degrees the populations are in non-LTE over the entire range, starting from the surface. The difference of the simulated spectra between LTE and non-LTE conditions, and their sensitivity to various parameters, such as collisional rates for H_2O, will be presented.

キーワード：THz、放射伝達計算
Keywords: THz, Radiative trasfer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Vertical Mass Flux by the 2010-2011 Great Storm of Saturn

*Sayanagi Kunio M.[1]、Gunnarson Jacob L.[1]、Blalock John J.[1]、Achterberg Richard K.[2]、Flasar F. Michael[2]、Ingersoll Andrew P.[3]、Ewald Shawn P.[3]、Dyudina Ulyana A.[3]
*Kunio M. Sayanagi[1], Jacob L. Gunnarson[1], John J. Blalock[1], Richard K. Achterberg[2], F. Michael Flasar[2], Andrew P. Ingersoll.[3], Shawn P. Ewald[3], Ulyana A. Dyudina[3]

1. Hampton University、2. NASA Goddard Space Flight Center、3. California Institute of Technology
1. Hampton University, 2. NASA Goddard Space Flight Center, 3. California Institute of Technology

We present a re-analysis of Cassini Composite Infrared Spectrometer (CIRS) data captured during the 2010-2011 Great Storm of Saturn to calculate the vertical mass flux caused by the storm. The intense cumulus outburst started on December 5, 2010 at 33ºN planetocentric latitude, and the clouds that emanated from the storm engulfed the entire latitude band over the subsequent months. The CIRS observation captured the storm's impact on the tropospheric thermal structure (Achterberg et al. 2014). The change in the thermal structure detected by Achterberg et al. (2014) is caused by the vertical uplifting of mass by the cumulus convection in the storm. We re-analyze the CIRS data processed by Achterberg et al. (2014) to determine the vertical mass flux. Images captured by the Imaging Science Subsystem (ISS) camera showed that active convective phase of the storm lasted until August 2011 (Sayanagi et al. 2013). Our preliminary analysis of CIRS data shows that, by August 2011, between 15ºN and 45ºN latitudes, the storm lifted about 1.65×10^{19} kg of mass to levels above the 700-mbar pressure altitude from levels below.

Analyzing images captured by ISS using the CB2 (750 nm) filter and Cassini Visible and Infrared Mapping Spectrometer (VIMS)'s 5-micron channel reveals that, after August 2011, cumulus activities ceased in the storm's latitudes, and a vast cloudless area grew until it encircled the entire band between 30ºN and 40ºN latitude by January 2012. The cloudless region further grew to the south and reached 20ºN by December 2012. Interestingly, analysis of the CIRS data indicates that the vertical mass flux continued as the clouds cleared after the storm. Our preliminary analysis shows that, between August 2011 and August 2012, 1.9×10^{18} kg more mass was lifted to altitudes above the ~700-mbar level. We hypothesize that the vertical mass flux during the cloud clearing was caused when the tropospheric air parcels became buoyant when they were relieved from the mass loading of the storm clouds.

We note that measuring vertical mass flux caused by a cumulus storm is extremely difficult for storms on Earth because the mass uplifted by the storms is rapidly dispersed and diluted by the storm's environment. In comparison, Saturn's Great Storm of 2010-2011 completely filled the latitude zone between 20°N and 40°N; thus, the storm was essentially contained in a closed box, and allowed us to measure the storm's vertical mass flux.

References:

Achterberg, R. K., Gierasch, P. J., Conrath, B. J., Fletcher, L. N., Hesman, B. E., Bjoraker, G. L., Flasar, F. M., 2014. Changes to Saturn's Zonal-mean Tropospheric Thermal Structure after the 2010-2011 Northern Hemisphere Storm. Astrophysical Journal 786, 92.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sayanagi, K. M., Dyudina, U. A., Ewald, S. P., Fischer, G., Ingersoll, A. P., Kurth, W. S., Muro, G. D., Porco, C. C., West, R. A., 2013. Dynamics of Saturn's great storm of 2010-2011 from Cassini ISS and RPWS. Icarus 223, 460-478.

キーワード：土星、惑星大気、カッシーニ・ミッション
Keywords: Saturn, Planetary Atmospheres, Cassini Mission

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microwave observations of the giant planets - Cassini/Radar and Juno/MWR

*Cheng Li[1], Virgil Adumitroaie[2], John Arballo[2], Sushil K Atreya[3], Scott J Bolton[4], Andrew Ingersoll[1], Michael Janssen[2], Steven Levin[2], Jonathan Lunine[5], Glenn Orton[2], Paul Steffes[6], Hunter Waite[4]

1. California Institute of Technology, 2. Jet Propulsion Laboratory, 3. University of Michigan Ann Arbor, 4. Southwest Research Institute, 5. Cornell University, 6. Georgia Institute of Technology

The thermal emission of a giant planet's atmosphere in the microwave region reveals the thermal structure and composition of the atmosphere below the clouds. During the last decade, the Cassini/Radar instrument mapped Saturn's global thermal radiation at 2.2 cm wavelength. Particularly, in the year 2010, the planet-encircling giant storm on Saturn appeared 16 K brighter than average, revealing desiccation of ammonia gas due to convection and atmospheric dynamics. More recently at Jupiter, the Juno spacecraft has completed a dozen orbits around the planet, making detailed observations of Jupiter's troposphere from north to south and down to pressures of about 200 bars. The results are both astonishing and stimulating. Jupiter's equatorial zone appears cold in all six channels of Juno/MWR, which range from 1.2 –50 cm, whereas the other latitudes are significantly warmer than what was predicted by an adiabatic model. The internal structure of the GRS has also been mapped during orbit 7th close approach. Yet, the interpretation is partly confounded by the inhomogeneous distribution of ammonia gas. We will give an overview of the previous findings, current challenges, and future opportunities of microwave sounding of the giant planets.

Keywords: Jupiter, Saturn, Cassini, Juno, microwave, composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tracing Formation and Evolution of Outer Solar System Bodies through Stable Isotopes and Noble Gas Abundances

*Kathleen Mandt[1]

1. Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory

Comparative planetology using isotope geochemistry has played a critical role in understanding processes at work in and the history of outer Solar System bodies [see 1, and references therein]. The $^{12}C/^{13}C$ measured in methane on Titan has enabled us to determine the maximum length of time that methane has been present in the atmosphere [2,3], showing that methane has not been present in Titan's atmosphere throughout the history of the solar system and is limited to no more than 1 billion years (Gyr) [3]. We have also determined how much methane has been converted to organics over that were then deposited on the surface [3] and find agreement with estimates of surface inventories [4]. Observations of $^{14}N/^{15}N$ in HCN and N_2 in the atmosphere of Titan provides direct evidence of how photochemistry influences stable isotopes [5,6]. We have used these observations to determine that Titan's nitrogen originated as NH_3 in the protosolar nebula [7]. All of this work relies on spacecraft-based observations made at Titan. Ground-based observations combined with spacecraft observations are also of high value. The lower limit observed for $^{14}N/^{15}N$ in HCN in Pluto's atmosphere by ALMA [8] combined with New Horizons observations of the atmospheric composition [9] provides a valuable tool for determining the origin of nitrogen for Pluto if the influences of condensation and aerosol trapping on isotopes can be constrained [10] for which work is ongoing. All of this work is relevant to a future Ice Giants mission to Neptune, where the same methods could be applied to Triton and combined with ALMA observations. Furthermore, a mission to Io that makes in situ observations of the isotopic composition of the atmosphere could provide important information about volatile loss and interior processes at Io, assuming production and loss processes can be well constrained. Finally, noble gas abundances have been an important tool for understanding the origin and evolution of volatiles in the terrestrial planet atmospheres [see review in 1]. The recent measurement of cometary noble gas abundances [11] provides important information on the composition of the icy bodies that contributed to the formation of the gas giants, providing constraints for future in situ measurements that should be made with an atmospheric probe [12].

[1] Mandt K. E. et al. (2015a) *SSRv, 197,* 297–342. [2] Mandt K. E. et al., (2009) *PSS, 57,* 1917–1930. [3] Mandt K. E. et al., (2012) *ApJ, 749,* 160. [4] Lorenz, R. D. et al. (2008). *GRL*, *35*(2), L02206. [5] Liang et al. (2007) *ApJL, 664*, L115-L118. [6] Mandt et al. (2012b) *JGR, 117*, E10006. [7] Mandt K. E. et al., (2014) *ApJL, 788,* L24. [8] Lellouch et al. (2017) *Icarus, 286*, 289-307. [9] Young et al. (2017). [10] Mandt et al. (2017) *MNRAS*, *472*, 118-128. [11] Rubin et al. (2017) *Sci Adv*, *4*(7), eaar6297. [12] Mandt et al., in preparation.

Keywords: Titan, Pluto, Triton, Ice Giants, Stable Isotopes, Noble Gases

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Icy Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1], Mark D. Hofstadter[2], Amy Simon[3], Kim R. Reh[2], Olivier Mousis[4], Krista Soderlund[5]

1. University of Michigan Ann Arbor, 2. Jet Propulsion Laboratory, 3. Goddard Space Flight Center, 4. Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, 5. University of Texas at Austin

Giant planets hold the secrets of solar system formation, and there is much interest in their exploration. They also serve as analogs for the giant planets in extrasolar systems. While Saturn-Jupiter sized exoplanets number about 500, mini-Neptune and Neptune sized objects (2-5 times Earth) comprise nearly half of approximately 4000 confirmed exoplanets to date. Since the early 1970’s, spacecraft have explored the gas giants, Jupiter and Saturn, extensively using flybys, orbiters and an entry probe (at Jupiter). Voyager 2 is the only spacecraft ever to visit the two icy giants, with a flyby of Uranus in 1986 and Neptune in 1989. Though the Voyager instruments were optimized for observations of Jupiter and Saturn, tantalizing data were collected at Uranus and Neptune as well. Those data have raised such fundamental questions as: did Uranus and Neptune form in the same manner as the gas giants, did they form at their present orbital locations or not, what role did migration play in their formation and evolution, why (and how) does Neptune generate internal heat, whereas Uranus does not, what is responsible for their intrinsic magnetic fields in the absence of a metallic hydrogen phase, why are the rings of Uranus different from Neptune’s rings and what’s maintaining them, why does Neptune’s moon Triton possess an atmosphere of nitrogen and methane, etc. To address these questions and others requires a comprehensive exploration of the icy giant planet systems by an orbiter-probe spacecraft at Uranus or Neptune or both [1], like the Galileo orbiter-probe mission at Jupiter. International partnership is most desirable for maximizing the science return of such a mission. [1] M. Hofstadter, A. Simon, K. Reh, J. Elliott, and the NASA Ice Giants Science Definition Team, Ice Giants Pre-Decadal Survey Report (2017) NASA-JPL-ID-100520, https://www.lpi.usra.edu/icegiants/mission_study/Full-Report.pdf

Keywords: Giant Planets, Origin and Evolution, Uranus and Neptune Missions, Extrasolar Planets, International Partnerships

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)、座長:Jun Kimura(Osaka University)、鎌田 俊一(北海道大学創成研究機構)

The giant planets provide many keys to understanding planetary processes. They play an important role in shaping our solar system, and the physical and chemical processes they harbor also provide a unique opportunity to study the phenomena relevant for studying Earth and other planets, including exoplanetary systems. In this session, we discuss a wide range of topics encompassing the giant planets and their moons, including their origins, interiors, atmospheres, compositions, surface features, and electromagnetic fields. To advocate for current and future outer planets exploration (Cassini, Juno, New Horizons, JUICE, and beyond), we also call for discussions on future missions to explore giant planet systems, including how to develop better international cooperation. Discussion in this latter category will include progress in developing a solar sail mission concept for observing the Jupiter system and its trojan asteroids.

10:45 ~ 11:03

[PPS01-11] Saturn's ring rain and Enceladus' subsurface ocean as seen by the Cassini Cosmic Dust Analyser

★Invited Papers

*Sean Hsu[1]、Sascha Kempf[1]、Mihaly Horanyi[1]、Ralf Srama[2]、James O'Donoghue[3] (1.LASP, University of Colorado, Boulder, CO, USA、2.IRS, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany、3.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA)

11:03 ~ 11:18

[PPS01-12] Titan Trek: A New Online NASA Visualization and Analysis Portal for Saturn's Largest Moon

*Emily Law[1]、Brian Hamilton Day[2] (1.NASA Jet Propulsion Laboratory、2.NASA Ames Research Center)

11:18 ~ 11:36

[PPS01-13] Internal structure of icy moons: ice-ocean systems as commonly seen in the outer solar system

★Invited Papers

*Hauke Hussmann[1] (1.DLR Institute of Planetary Research)

11:36 ~ 11:51

[PPS01-14] Callisto as a keystone to reproduce the formation process of the Jovian system

*関根 康人[1]、鎌田 俊一[2]、青山 雄彦[3]、生駒 大洋[3]、谷川 享行[4] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.北海道大学創成研究機構、3.東京大学大学院理学系研究科、4.一関高等工業専門学校)

11:51 ~ 12:09

[PPS01-15] Origin of Jupiter Trojan asteroids: To be explored by OKEANOS

★Invited Papers

*癸生川 陽子[1]、岡田 達明[2]、伊藤 元雄[3]、青木 順[4]、河井 洋輔[4]、松本 純[2]、Grand Noel[5]、Buch Arnaud [6]、豊田 岐聡[4]、Cottin Hervé[5]、坎本 尚義[7,2]、矢野 創[2]、岩田 隆浩[2]、森 治[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.大阪大学、5.LISA, Université Paris-Est Créteil、6.Ecole Centrale Paris、7.北海道大学)

12:09 ~ 12:15

Discussion

Saturn's ring rain and Enceladus' subsurface ocean as seen by the Cassini Cosmic Dust Analyser

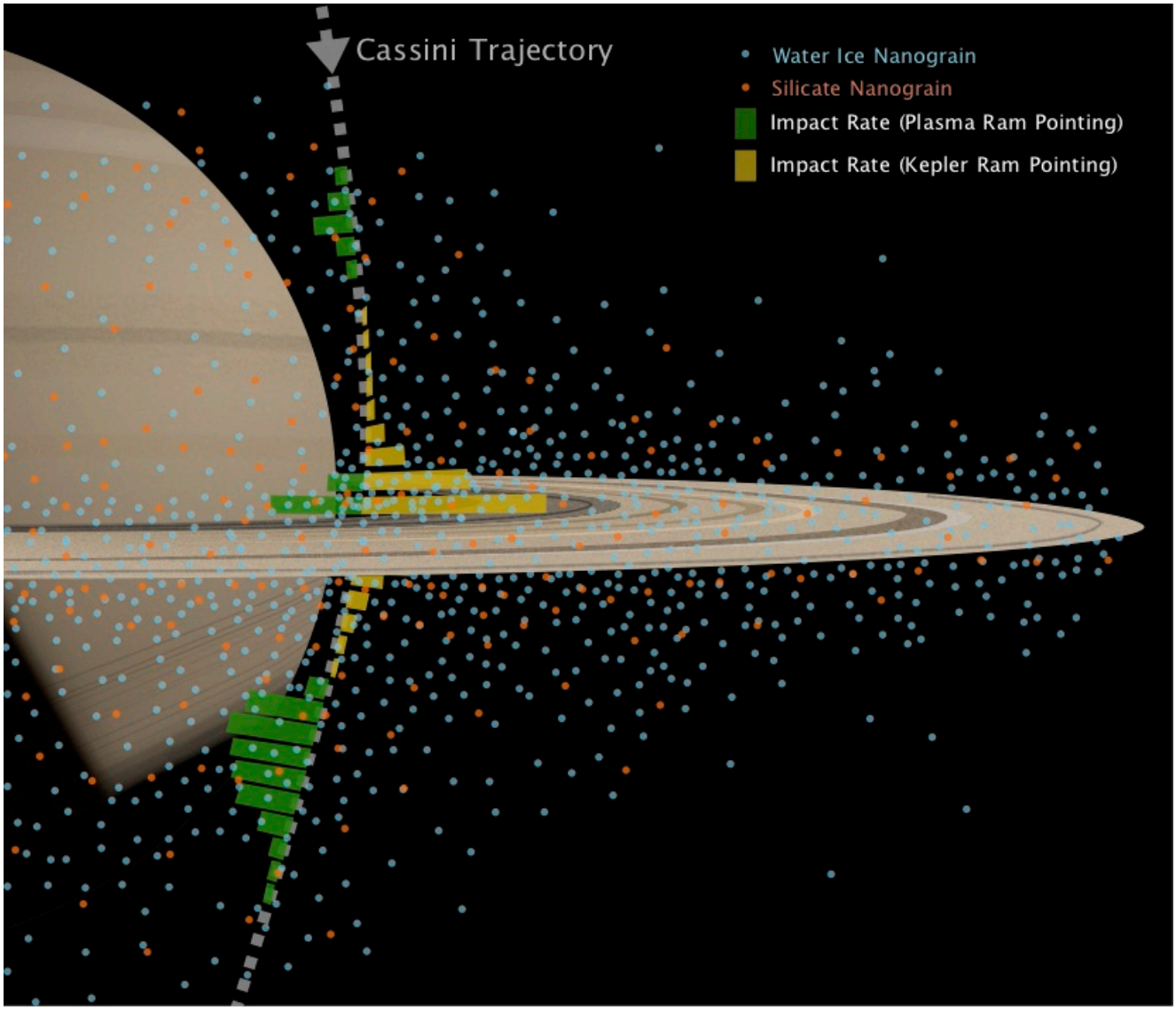
*Sean Hsu[1], Sascha Kempf[1], Mihaly Horanyi[1], Ralf Srama[2], James O'Donoghue[3]

1. LASP, University of Colorado, Boulder, CO, USA, 2. IRS, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany, 3. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA

Dust particles serve as microscopic messengers carrying information from sources inaccessible by space probes. The compositional and dynamical information of various dust populations provided by the Cosmic Dust Analyser offer a unique perspective to examine the rings, moons, and their interactions in the Saturnian system. In this talk I will focus on the latest results from the Cassini Grand Finale mission about Saturn's ring rain, i.e., the ring-planet interactions driven by the infall of ring material to Saturn's atmosphere, and its implications about Saturn and its magnificent ring system. I will also provide a brief summary of other major findings by the Cassini Cosmic Dust Analyser, including the discovery of the subsurface ocean and hydrothermal activities within the geologically active moon Enceladus, the composition of interstellar grains, Saturn's diffuse rings, and the electromagnetic interactions of charged nanodust particles with the magnetosphere and the solar wind.

Keywords: Saturn, Dust, Planetary Rings

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Titan Trek: A New Online NASA Visualization and Analysis Portal for Saturn’s Largest Moon

*Emily Law[1], Brian Hamilton Day[2]

1. NASA Jet Propulsion Laboratory, 2. NASA Ames Research Center

In its investigations of Saturn’s moons, NASA’s Cassini mission and ESA’s Huygens lander have returned an immense amount of data detailing the dynamic surface of Saturn’s largest moon, Titan. In order to greatly facilitate dissemination, visualization, and analysis of this data, the Cassini mission has partnered with NASA’s Solar System Treks Project (SSTP). SSTP has recently released a new online portal (https://trek.nasa.gov/titan/), Titan Trek, that enables mission planners, planetary scientists, engineers, students, and the general public to interactively access, visualize, and analyze Cassini’s mapped data products of Saturn’s largest moon.

The initial release of Titan Trek provides a suite of interactive tools and incorporates over 130,000 data products from the range of Cassini encounters with Titan, creating a comprehensive Titan research and educational web portal. Titan Trek data products include: Global Radar mosaic, Radar SAR BIDR BIFQI swaths, Global VIMS mosaics, Global ISS mosaic, Vector data (geological units of Afekan region, material flux based on dune orientation, fluvial networks), Nomenclature, ISS footprints, VIMS footprints, and Global radar topography.

We intend to continue to enhance the new Titan Trek portal with new data products as they are released by the Cassini mission including Huygens DISR, Global radiometry, scatterometry, VIMS, ISS, UVIS, CIRS, and other topography products.

Titan Trek is the latest addition to the NASA Solar System Treks Project (SSTP), available at https://trek.nasa.gov. NASA's Solar System Trek online portals provide web-based suites of interactive data visualization and analysis tools providing access to mapped data products from past and current missions for the Moon, Mars, Vesta, etc. As web-based toolsets, the portals do not require users to purchase or install any software beyond current web browsers. These portals are being used for site selection and analysis by NASA and a number of its international partners, supporting upcoming missions.

Keywords: Titan, Cassini, Visualization, Analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Internal structure of icy moons: ice-ocean systems as commonly seen in the outer solar system

*Hauke Hussmann[1]

1. DLR Institute of Planetary Research

Among the icy satellites in the outer solar system, several objects have been identified that may contain substantial amounts of liquid water in their interiors. In particular the large satellites, e.g., Europa, Ganymede, Callisto, and Titan may contain subsurface oceans until the present day. However, the example of Enceladus shows that also smaller satellites can have sufficient internal heat sources to maintain liquid water layers. Also Pluto and Triton are potential ocean candidates. The available heat sources differ considerably among the icy moons depending on their initial composition, and thus the amount of radiogenic heating, the tidal interaction with the primary planet, their rheological states and -in some cases- their interaction with other satellites due to orbital resonances. In this talk the current knowledge on the ice-ocean systems in the outer solar system will be summarized. Prospects for their investigation with future planetary missions will be discussed.

Keywords: solar system, icy satellites, oceans

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Callisto as a keystone to reproduce the formation process of the Jovian system

*関根 康人[1]、鎌田 俊一[2]、青山 雄彦[3]、生駒 大洋[3]、谷川 享行[4]
*Yasuhito Sekine[1], Shunichi Kamata[2], Yuhiko Aoyama[3], Masahiro Ikoma[3], Takayuki Tanigawa[4]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 北海道大学創成研究機構、3. 東京大学大学院理学系研究科、4. 一関高等工業専門学校
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology, 2. Creative Res. Institution, Hokkaido Univerisity, 3. Dept of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo, 4. Nat'l Inst. Tech., Ichinoseki Col.

Callisto is the outermost Galilean satellite, with 2410 km of radius and 1.83 g/cc of density. The size and mass are comparable to those of another Jovian moon, Ganymede and the largest moon of Saturn, Titan. Unlike Ganymede and Titan, however, heavily-cratered Callisto may have experienced only limited geological activities since its formation. Owing to the low geological activities, Callisto may serve as a “fossil” of the Jovian system formation in the early Solar System. Volatile and isotope compositions of ice materials on Callisto would reflect ice compositions of the building materials of the Jovian satellites, which is critical to constrain the disk temperature of the formation region of proto-Jupiter as well as both shock heating and size of infalling materials onto proto-Jupiter. The interior structure, namely degree of differentiation, of Callisto is essential to constrain the inflow rate of the building materials from the protoplanetary disk. In this talk, we discuss the key observations, e.g., surface materials and interior structure of Callisto, in future missions to constrain the formation process of the Jovian system.

キーワード：氷衛星、太陽探査、惑星形成
Keywords: icy satellite, Solar System exploration, planetary formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of Jupiter Trojan asteroids: To be explored by OKEANOS

*癸生川 陽子[1]、岡田 達明[2]、伊藤 元雄[3]、青木 順[4]、河井 洋輔[4]、松本 純[2]、Grand Noel[5]、Buch Arnaud [6]、豊田 岐聡[4]、Cottin Hervé[5]、臼本 尚義[7,2]、矢野 創[2]、岩田 隆浩[2]、森 治[2]
*Yoko Kebukawa[1], Tatsuaki Okada[2], Motoo Ito[3], Jun Aoki[4], Yosuke Kawai[4], Jun Matsumoto[2], Noel Grand[5], Arnaud Buch[6], Michisato Toyoda[4], Hervé Cottin[5], Hisayoshi Yurimoto[7,2], Hajime Yano[2], Takahiro Iwata[2], Osamu Mori[2]

1. 横浜国立大学、2. 宇宙航空研究開発機構、3. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、4. 大阪大学、5. LISA, Université Paris-Est Créteil、6. Ecole Centrale Paris、7. 北海道大学
1. Yokohama National University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency, 3. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 4. Osaka University, 5. LISA, Université Paris-Est Créteil, 6. Ecole Centrale Paris, 7. Hokkaido University

The Jupiter Trojan asteroids are expected to be a key to understand planet formation and solar system evolution. The Jupiter Trojan asteroids are an asteroid group at the Lagrangian point (L4 and L5) on the Jupiter’s orbit, and their spectral types are mainly D and P type, also called “Red” and “Less red”, respectively [1,2]. The origin of these asteroids was considered to be trapped by Jupiter according to the classical planet formation theory [3,4]. On the other hand, according to a relatively new theoretical study such as Nice model, the small bodies formed at the Kuiper belt region are disturbed by giant planet migrations, and some of them trapped at the current Jupiter orbit [5]. Thus, constraining planetary formation theories can be possible by investigating whether the Jupiter Trojan asteroids originated from the outer region of the solar system such as the Kuiper belt area or originated from the current Jupiter orbit region (the extension of the main belt asteroids). The stable isotopic ratios of light elements are expected to be an indicator of the origin of the Jupiter Trojan asteroids. Because heavy isotopes such as ^{2}H (D) and ^{15}N tend to incorporate into water and organic matter in low temperatures (<10-100 K) such as in the outer region of the solar system [6,7]. In fact, heavy isotopes are concentrated in materials from the outer region of the solar system such as comets, and materials from main belt asteroids such as chondrites often show relatively light isotopic ratios [8].

The OKEANOS (Outsized Kite-craft for Exploration and AstroNautics in the Outer Solar system) is a candidate for the upcoming strategic middle-class space exploration to rendezvous with and land on a Jupiter Trojan asteroid using a Solar Power Sail (SPS). The mission concept includes sampling and in-situ analysis of the materials of a Jupiter Trojan asteroid [9]. We plan to analyze isotopic and molecular compositions of volatile materials from organic matter, hydrated minerals, and ice, in order to understand origin and evolution of the Jupiter Trojan asteroids, using a multi-turn time-of-flight type high-resolution mass spectrometry (HRMS) system. Our goal is to improve our understanding of (1) planet formation/migration theories, (2) distribution and evolution of volatile substances in protoplanetary disks, (3) origins and evolution of organic matter, and (4) origin and evolution of the Solar System small bodies beyond the snow line.

References: [1] J. P. Emery et al., *Astronomical Journal*, 141, 25, 2011. [2] F. E. DeMeo and B. Carry, *Nature*, 505, 629, 2014. [3] F. Marzari and H. Scholl, *Astronomy & Astrophysics*, 339, 278, 1998. [4] F. Marzari and H. Scholl, *Icarus*, 131, 41, 1998. [5] A. Morbidelli et al., *Nature*, 435, 462, 2005. [6] T. Millar et al., *The Astrophysical Journal*, 340, 906, 1989. [7] R. Terzieva and E. Herbst, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 317, 563, 2000. [8] B. Marty, *Earth. Planet. Sci. Lett.,* 313-314, 56, 2012. [9] T. Okada et al., *Planetary and Space Science*, 161, 99, 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)

The giant planets provide many keys to understanding planetary processes. They play an important role in shaping our solar system, and the physical and chemical processes they harbor also provide a unique opportunity to study the phenomena relevant for studying Earth and other planets, including exoplanetary systems. In this session, we discuss a wide range of topics encompassing the giant planets and their moons, including their origins, interiors, atmospheres, compositions, surface features, and electromagnetic fields. To advocate for current and future outer planets exploration (Cassini, Juno, New Horizons, JUICE, and beyond), we also call for discussions on future missions to explore giant planet systems, including how to develop better international cooperation. Discussion in this latter category will include progress in developing a solar sail mission concept for observing the Jupiter system and its trojan asteroids.

[PPS01-P01] Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1]、Olivier Mousis[2] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)

[PPS01-P02] OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、圦本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東京大学、3.横浜国立大学、4.海洋研究開発機構、5.大阪大学、6.広島大学、7.北海道大学、8.関西学院大学、9.東北大学、10.金沢大学、11.理化学研究所、12.国立天文台、13.千葉工業大学、14.産業技術総合研究所、15.ドイツ航空宇宙センター、16.フランス宇宙天体物理学研究所、17.LISA、18.LATMOS、19.イタリア宇宙科学研究所、20.グルノーブル惑星天文研究所、21.ブラウンシュバイク工科大学、22.ハノーバー大学)

[PPS01-P03] 木星磁気圏の磁場モデルについて

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS01-P04] ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所)

[PPS01-P05] すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.情報通信研究機構、4.NASA/JPL)

[PPS01-P06] Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[PPS01-P07] Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1]、Carl Schmidt[2]、Masato Kagitani[3]、Yasumasa Kasaba[3]、Tomoki Kimura[3]、Go Murakami[4]、Fuminori Tsuchiya[3]、Hajime Kita[3]、Reina Hikida[5]、Ichiro Yoshikawa[5]、Kazuo Yoshioka[5] (1.LASP, University of Colorado Boulder、2.Boston University、3.Tohoku University、4.ISAS/JAXA、5.University of Tokyo)

[PPS01-P08] Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.一橋大学商学研究科、3.千葉工業大学惑星探査研究センター)

[PPS01-P09] The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.IRF Uppsala, Sweden)

[PPS01-P10] Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2.Imperial College London、3.九州大学、4.東京大学、5.東京工業大学)

[PPS01-P11] Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6] (1.大阪大学、2.北海道大学、3.国立天文台、4.宇宙航空研究開発機構、5.千葉工業大学惑星探査研究センター、6.German Aerospace Center (DLR), Berlin)

[PPS01-P12] Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、 JUICE SWI Japanese Team (1.情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター)

Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1], Olivier Mousis[2]

1. University of Michigan Ann Arbor, 2. Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

Flyby and orbiting spacecraft have explored the giant planets since the early 1970’s. In situ measurements in the troposphere are essential, however, for constraining the models of formation, evolution and interior processes of the giant planets. The models employ abundances and isotopic ratios of key elements, in particular C,N, S, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe and D/H, derived from the measurement of their (bulk) reservoir species. That was the scientific rationale for the 1995 Galileo Probe at Jupiter and a Saturn Probe in NASA’s New Frontiers list of candidate missions. Considering that the icy giant planets are distinct from the gas giants, they represent the missing pieces of the puzzle of the formation of the outer solar system, besides being the closest analog for nearly half of the confirmed exoplanets. Thus, their comprehensive exploration with an orbiter-probe spacecraft is essential. The principal focus of this talk is the science, feasibility and implementation strategy of in situ measurements with entry probes at the icy giant planets, Uranus and Neptune, guided by thermochemical models and lessons learned from the Galileo Probe and the ongoing Juno Orbiter. [www.umich.edu/~atreya]

Keywords: Icy Giants, Origin and Evolution, Uranus, Neptune, Entry Probes, Exoplanets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

OKEANOS –Jupiter Trojan Asteroid Rendezvous and Landing Experiments Using a Solar Power Sail

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、坂本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1]

*Tatsuaki Okada[1,2], Takahiro Iwata[1], Yoko Kebukawa[3], Motoo Ito[4], Jun Aoki[5], Yosuke Kawai[5], Shoichiro Yokota[5], Yoshifumi Saito[1], Kentaro Terada[5], Michisato Toyoda[5], Hikaru Yabuta[6], Hisayoshi Yurimoto[1,7], Shuji Matsuura[8], Kohji Tsumura[9], Daisuke Yonetoku[10], Tatehiro Mihara[11], Ayako Matsuoka[1], Reiko Nomura[12], Hajime Yano[1], Takayuki Hirai[13], Atsushi Kumamoto[9], Ryosuke Nakamura[14], Stephan Ulamec[15], Ralf Jaumann[15], Jean-Pierre Bibring[16], Noel Grand[17], Cyril Szopa[18], Ernesto Palomba[19], Jorn Helbert[15], Alain Herique[20], Matthias Grott[15], Hans-Ulrich Auster[21], Goester Klingelhoefer[22], Fumi Yoshida[13], Makoto Yoshikawa[1], Jun Matsumoto[1], Toshihiro Chujo[1], Masanori Matsushita[1], Takanao Saiki[1], Hideki Kato[1], Osamu Mori[1], Junichiro Kawaguchi[1]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 東京大学、3. 横浜国立大学、4. 海洋研究開発機構、5. 大阪大学、6. 広島大学、7. 北海道大学、8. 関西学院大学、9. 東北大学、10. 金沢大学、11. 理化学研究所、12. 国立天文台、13. 千葉工業大学、14. 産業技術総合研究所、15. ドイツ航空宇宙センター、16. フランス宇宙天体物理学研究所、17. LISA、18. LATMOS、19. イタリア宇宙科学研究所、20. グルノーブル惑星天文研究所、21. ブラウンシュバイク工科大学、22. ハノーバー大学

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Tokyo, 3. Yokohama National University, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Osaka University, 6. Hiroshima University, 7. Hokkaido University, 8. Kwansei Gakuin University, 9. Tohoku University, 10. Kanazawa University, 11. RIKEN, 12. National Astronomical Observatory of Japan, 13. Chiba Institute of Technology, 14. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 15. German Aerospace Center, 16. Institut d’Astrophysique Spatiale, 17. LISA, 18. LATMOS, 19. INAF-IAPS, 20. IPAG, 21. TU Braunschweig, 22. Leibniz Universität Hannover

The OKEANOS (Oversize Kite-craft for Exploration and AstroNautics in the Outer Solar system) is a mission under study to rendezvous with and land on a Jupiter Trojan asteroid [1]. The target is a Jupiter Trojan but will be the Saturnian system in the future. It is an engineering mission to demonstrate advanced technologies such as the hybrid thrusting with the enhanced ion engine powered by a 40 x 40 m class large area solar cells to explore the outer solar system cost-effectively. With the new technology, the mission will conduct in-depth scientific measurements for understanding the origin and evolution of the solar system and life. The concept is complementary to NASA Lucy mission [2], multi-flybys to six Jupiter Trojans for understanding the variation of Jupiter Trojans.

Jupiter Trojans are D/P-types enriched in volatiles. They might have experienced almost no or only a low degree of alteration. Their origin and evolution, as well as chemical and physical state still remain unknown. Jupiter Trojans should be a missing link of materials that originate from the inner or the outer solar system by gravity scattering due to migration of giant planets [3]. They are key targets to understand

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the evolution of astromaterials and the radial distribution of elements and isotopes in the early solar system.

The OKEANOS has been downscaled from the previous proposal [4] due to the severe cost cap. The spacecraft of 1400 kg including a 40 kg lander will be launched in 2027 or later, assisted by gravity of Earth and Jupiter. It will arrive at the target asteroid after a 13-year cruise. 30 kg is allocated for science, 12 kg of which is reserved for international collaboration. Bus instruments such as the optical navigation cameras (ONC-T and -W), LIDAR, and radio science are used for scientific purposes. The lander is like Mascot with uprighting capability on the asteroid surface and 12 kg is allocated for science mission.

During the cruise, science experiments will be carried out from the “deep-space platform”. Measurements of IDPs and magnetic fields will continuously monitor their radial distribution in the solar system and sudden events. The gamma-ray polarimeter will be used for precise positioning of gamma-ray bursts using a very long baseline. Visible to near-infrared telescope will map the zodiacal lights and observe the deep sky under a dust-free condition from outside of the asteroid main belt.

After arrival, global mapping is carried out to characterize the asteroid and select the landing site. The asteroid shape, size, rotation state, and geologic features are imaged by ONC. Gravity is measured by radio tracking and LIDAR. Near-infrared spectroscopy characterizes red or less red patterns, the degree of hydration, mineralogy, and abundance of ices, organics, and brines. Thermal infrared multi-bands inform on thermophysical properties, mineralogy and amorphous phases. A radar probes the surface physical state and also contributes to altimetry. *In situ* experiments with the lander will characterize the footprint and surrounding area by imaging and spectroscopy, followed by measurements of mineralogical, elemental, and organic composition as well as physical, thermal, and magnetic properties at the site. The asteroid surface sample is collected to conduct high-resolution mass spectroscopy (HRMS) based on MULTUM system (infi-TOF type mass spectrometer [5]), especially to determine the isotopic ratios of δD and δ^{15}N and the volatile species contained in the sample. Details will be decided during the critical joint study in 2019. Those experiences will be inherited to future missions.

References: [1] Mori O. et al. (2018) Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan, 16, 328-333. [2] Levison H.F. et al. (2016) Lunar Planet. Sci. Conf., 47, #2061. [3] Morbidelli A. et al. (2005) *Nature 435*, 462-466. [4] Okada T. et al. (2018) Planet. Space Sci. 161, 99-106. [6] Toyoda M. et al. (2003) J. Mass Spectrom. 38, 1125-1142.

キーワード：ソーラーセイル、トロヤ群、着陸
Keywords: Solar Sail, Trojan, Landing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

木星磁気圏の磁場モデルについて
Magnetic field model of Jovian magnetosphere

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1]
*Naoya Momoki[1], Hiroaki TOH[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

木星のガリレオ衛星のうちエウロパ、ガニメデ、カリストは氷衛星であり、その表面下に内部海が存在している可能性がある。氷はほぼ絶縁体と考えてよいが、イオンを含んだ液体の水は電気伝導度が高い為、電磁誘導現象を利用して内部海の有無が検証可能である。本研究では，その際に必要となる衛星にとっての外部磁場、つまり木星磁気圏磁場モデルを新たにデータを追加して更新した。

Khurana [1992]で示された木星のカレント・シート形状モデルに含まれるパラメータ3個と、Khurana [1997]で示された木星磁気圏磁場のオイラーポテンシャルモデルに含まれる14個のパラメータを、先行研究で既に用いられたPioneer10、Voyager1, 2探査機のデータではなく、Galileo、Juno[MOU1] 両探査機の新しいデータを用いて最適化した。モデルは非線形であるため，最適化手法として最急降下法を採用し、複数の初期パラメータからデータとモデルとの残差二乗和を最小にするパラメータセットを探索した。

結果としては、探査機の周回ごとに変動するモデルパラメータが得られ、パラメータから計算される木星磁気圏磁場や電流系も変化している事が分かった。これらのパラメータ変化は、木星磁気圏と太陽風との相互作用による変化も反映していると考えられ、氷ガリレオ衛星に対して更新した磁場モデルを適用する際には，その各パラメータを時間の関数として与えたほうが，各氷衛星が感じる外部磁場変化をより正確に表現できると考えられる。

キーワード：木星、磁気圏
Keywords: Jupiter, Magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出
Enhancement of the Jovian thermospheric temperature above the Great Red Spot based on the infrared spectroscopic data obtained with IRTF/iSHELL

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1]
*Ayumu Kambara[1], Hajime Kita[2], Takeshi Sakanoi[1], Yasumasa Kasaba[1], Masato Kagitani[1], Haruna Watanabe[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

木星を含む巨大惑星の熱圏は、太陽極端紫外線による加熱による予測温度より数100K高温であることが知られる[Yelle and Miller, 2004]。中低緯度での比較的低エネルギー降下粒子による大気直接加熱や、高緯度でのオーロラ領域加熱の低緯度への輸送が高温となっている説明として考えられているがよくわかっていない[Waite *et al.*, 1983]。その他の要因として、下層大気で励起した大気重力波・音波等よるエネルギー輸送がその原因として提唱されている。そのような大気波動は木星では観測されていない。そこで本研究では木星の大赤斑に着目した。大赤斑は対流圏の高気圧性の嵐であると想定されていることから、この領域では大気重力波や音波が発生しやすい可能性がある。大赤斑上の上層大気温度上昇を捉えることで、下層大気-上層大気間のエネルギー輸送現象を明らかにすることができる。最近、O’Donoghue *et al.* [2016]により、IRTF赤外分光装置SpeX($\lambda/\Delta\lambda$~2500)によるH_3^+発光の２つの輝線強度比（3.383μm/3.454μm）から熱圏大気温度を導出した結果、大赤斑上で1644±161K、その他中低緯度領域では900±42Kと、大赤斑上での加熱を示唆する結果が報告されている。この説明として、大赤斑域での下層大気からのエネルギー輸送、すなわち対流圏高気圧性嵐である大赤斑で発生した大気重力波・音波の熱圏への伝搬が挙げられた。

ただし先行研究では波長分解能が低いため、CH_4の発光輝線が分離できず、温度推定に誤差が残っている可能性が指摘されている。また大赤斑に注目した熱圏温度推定はこれまでこの一例しか報告されておらず、木星での大気波動によって熱圏温度に時間変化や空間変動は確認されていない。そこで我々は2017年1月11日にハワイ・マウナケア山頂にあるIRTF望遠鏡のエシェル赤外分光装置iSHELLを用いて、大赤斑近傍での熱圏大気温度観測を実施した。観測は、iSHELLのLp1-mode (3.265-3.657μm)で行った。観測では、長さ15″のスリットを、大赤斑を含む東西方向に配置し、一つの撮像フレーム内に大赤斑と大赤斑以外の中低緯度領域の情報を同時にとらえた。ここで、30秒間で木星データ、スカイデータのデータ取得を交互に行った。一晩で木星とスカイデータは計９セット得ることができたが、今回はその中でデータ補正が良好であった４セットを用い、温度導出を行った。解析において、校正や物理量変換はNASA提供のデータ補正・校正ツールSpextool ver. 5.0.1を用いた。熱圏温度導出は、O’Donoghue *et al.* [2016]と同じH_3^+発光輝線強度比（3.3839μm/3.4548μm）を用いた。ここで、3.3839μmの輝線近傍にCH_4輝線（3.4554、3.4538、3.4539μm）が存在するため、精密にその影響を差し引く必要がある。この波長差は最も近接しているものでおよそ3×10^{-3}μmであり、iSHELLより高波長分解能（$\lambda/\Delta\lambda$~75000）で分離することができる。この特長を生かして3.4548μmの発光輝線とCH_4輝線の分離を実現し、より正確な温度推定を可能とした。我々のこれまでの解析結果から、大赤斑の熱圏温度は911±132K、その周囲の同緯度域で583±30Kと見積もられ、大赤斑上の熱圏温度は周囲より有意に高いことが明らかになった。この事実は、大赤斑で発生した大気重力波・音波の熱圏への伝搬の存在を示唆する。また本研究で得られた熱圏温度はO’Donoghue *et al.* [2016]と比較して大赤斑上で約700K、その周辺で約300K低かった。これは観測機器の違いや熱圏温度に時間変動が存在する可能性か考えられる。本講演では、大赤斑の内外における熱圏温度の観測・データ解析の詳細と、その評価について検討した結果を報告する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：木星、大赤斑、熱圏
Keywords: Jupiter, Great red spot, Thermosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

Pulsation-like variation of Jovian infrared polar emission observed by Subaru 8-m: H3+ and methane emissions

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4]
*Yasumasa Kasaba[1], Haruna Watanabe[1], Hajime Kita[2], Chihiro Tao[3], Takeshi Sakanoi[1], Masato Kagitani[1], Orton Glenn[1,4], James Sinclair[4]

1. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 情報通信研究機構、4. NASA/JPL
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, 2. ISAS/JAXA, 3. NICT, 4. NASA/JPL

In the Jovian high-latitude region, there are emissions with various wavelengths ranges, morphologies, and time variations. They are important tracers of energy injection carried by auroral particles that precipitate from the magnetosphere. The polar IR emissions excited in the Jovian upper atmosphere, which include the H_3^+ aurora and thermal emissions of hydrocarbons, reflect not only the abundance of emission sources but also the thermal structures. Both are affected by auroral precipitation into the source region. It is known that, in the polar region inner than the auroral oval, the flux of auroral precipitation can have time variations over various scales from years to seconds.

The H_3^+ aurora observed in near infrared is emitted in thermosphere / ionosphere from thermally excited H_3^+ ions above the CH_4 homopause. Auroral precipitation ionized H_2 and produce H_3^+ ions through ion chemistries. In previous observational studies, the shortest timescale of H_3^+ auroral intensity change was ~30 min, but detected by ~16-min step imaging. We performed the temporal imaging observation of the Jovian H_3^+ IR aurora with Subaru/IRCS and the H_3^+ narrow-band filter on 31 January 2015 and 25 May 2016. The adaptive optics enabled us to see the target with high spatial resolution (~0.2 arcsec). From the images obtained with time resolution of ~150 s on 25 May 2016, we detected a patch-like auroral feature pulsating with a period of ~10 min in noon sector of northern polar region. On the other hand, we could not find any periodic variations from the data obtained on 31 January 2015, which was obtained as slit-viewer image for the other study, and whose time intervals of ~10–30 min every several images was not optimized to this research. In addition, the location where the patch-like emissions observed with high intensities on 25 May 2016 were not so bright on 31 January 2015. The patch-like auroral feature that was pulsating during our observation period on 25 May 2016 have been sometimes observed in UV, but not always. Previous UV observations reported some pulsating auroral features with the periods of ~2–11 min in the northern polar region. However, the locations of them are not consistent with the patch-like feature in this study. The pulsation period of the X-ray aurora, which has a hot spot coinciding with our patch-like IR aurora, is 40–50 min. This region is estimated to connect magnetically to out of the magnetopause, and auroral precipitation there can be caused by dayside reconnection between the Jovian magnetospheric field and interplanetary field.

On the other hand, the hydrocarbon polar emission observed in mid-infrared is emitted from the whole stratosphere. From their locations and morphologies, it is estimated to be related with auroral particles penetrating under the homopause. However, the mechanisms of this link (composition change and/or heating by particle precipitations) are not well understood. Previous studies found the intensity time

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variation of polar CH_4 emission over days and months. We tried to detect the time variation of CH_4 emission intensity by continuous imaging observations of the northern polar region over several tens of minutes on 31 March, 24 and 25 May 2018 with Subaru/COMICS. We obtained the images using the 7.8 μm filter, which is sensitive to the CH_4 thermal emissions occurring in the pressure range of 20–0.5 mbar and 1 μbar in the Jovian upper stratosphere, with time resolution of ~1 min. On all observation days, the polar region was not bright in 7.8 μm. In addition, we could not find clear time variations of polar CH_4 emission intensity during our observation periods, 25, 50 and 60 min on 31 March, 24 and 25 May 2018. This observation result is consistent to the model estimation by *Kuroda et al.* [2014], which suggested the relaxation time of hydrocarbon thermal emissions in the Jovian upper stratosphere, where is a possible source region of polar CH_4 emission, is at least ~10^5 s (~28 h).

キーワード：木星、極域発光、H3+、CH4、短時間変動
Keywords: Jupiter, polar emission, H3+, CH4, short time variations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1]
*Masato Kagitani[1], Fuminori Tsuchiya[1], Kazuo Yoshioka[2], Go Murakami[3], Tomoki Kimura[1], Ryoichi Koga[1], Reina Hikida[4], Takeshi Sakanoi[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate School of frontier Science, The University of Tokyo, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Tokyo University

Volcanic gases (mainly composed of SO_2, SO and S) originated from jovian satellite Io are ionized by interaction with magnetospheric plasma and then form a donut-shaped region called Io plasma torus. Ion pickup is the most significant energy source on the plasma torus though, distribution of pick-up region and its variability is still unclear. Density profiles of ions along the magnetic field line are determined under condition of diffusive equilibrium. Based on the equilibrium, plasma equator is close to the centrifugal equator though, higher ion anisotropy moves the plasma equator toward the magnetic equator. Measuring ion distribution with enough spatial resolution enables us to derive ion anisotropy which is tightly related to the amount of fresh pickup ion. On this study, we focus on variability of latitudinal structure of Io plasma torus as well as its radial structure using ground-based observation over six month period in 2018. The ground-based observation of sulfur ion emission, [SII] 671.6nm and 673.1nm was made at Haleakala observatory in Hawaii during March through August 2018 using the Tohoku 60-cm telescope (T60). A monochromatic imager with coronagraph attached onto the Cassegrain focus of T60 enables to measure distribution of S^+ with spatial resolution of 0.03 jovian radii (R_J). A digital micro-mirror device DMD was employed to block light from Jupiter disk and Galilean moons. Typical integration time of each frame was 20 minutes and total number of reduced image is 480. We also made observation of neutral sodium cloud extending up to several hundred of R_J as a proxy of supply of neutral particles from Io (Yoneda et al., 2015). Based on observation over the six month, [SII] brightness increases from DOY 80 through 140, then gradually decreases though DOY 230 in 2018. The data reduction of iogenic neutral sodium cloud is still undergoing though, neutral sodium cloud seems to increase from DOY 50 through 135, as [SII] brightness increases. The result suggests that increased volcanic activity from DOY 50-135 caused increase of S+ and brightening of [SII] emission. As for variability of shorter duration, we find [SII] brightening event within a short period (< 2 days) at around 28 through 30 July over a small region (< 30 degrees in longitude). [SII] 671.6 and 673.1 nm emissions are sensitive to cold electron (1-10eV) rather than hot electron (>100eV). Thus, increase of cold electron temperature explains the observed [SII] brightening well as the EUV space telescope Hisaki observed brightening of Io plasma torus associated with injection of hot electron. We also find variation of latitudinal structure of Io plasma torus. Longitudinal peak of S^+ emission at the same system III longitude 279 degree are -0.73, -0.80 and -0.79 R_J on 26, 29 July 7 and August, respectively. The shift of S^+ density peak toward magnetic equator implies higher anisotropy 29 on July and 7 August compared with 26 July. One of the possible explanation of the latitudinal shift of S^+ plasma is an increase of flesh pickup ion which makes higher anisotropy. Further study using Colorado Io Plasma Torus Emission Package (CITEP) will be presented on the presentation to take into account for line-of-sight integration effect of the ground-based observation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：イオプラズマトーラス
Keywords: Io plasma torus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1], Carl Schmidt[2], Masato Kagitani[3], Yasumasa Kasaba[3], Tomoki Kimura[3], Go Murakami[4], Fuminori Tsuchiya[3], Hajime Kita[3], Reina Hikida[5], Ichiro Yoshikawa[5], Kazuo Yoshioka[5]

1. LASP, University of Colorado Boulder, 2. Boston University, 3. Tohoku University, 4. ISAS/JAXA, 5. University of Tokyo

Ion temperature is a critical variable in Io plasma torus energetics, but is difficult to derive from remote sensing measurements. The relative importance of hot ions vs. hot electrons in powering the torus emissions remains an open question. Torus brightenings, whether caused by episodic changes in the volcanic supply to the torus or periodic System III/IV enhancements, offer the best chance to search for driving variations in hot electrons or ions. Much attention has been paid to hot electron populations, derivable from detailed spectral modeling, but less work has been done on ion temperature. Ground-based studies have successfully derived $T_{\perp}$ from very high resolution spectra, and $T_{||}$ from scale height measurements in images, both over limited datasets. Schneider et al. 1997 found strong longitudinal variations in $T_{||}$ during a week-long dataset, and anti-correlated System III brightness, but more extended followup datasets have not previously been available.

The Hisaki dataset presents the possibility of an unparalleled opportunity to study long-term and short-term variations in ion temperatures. The instrument is not designed to take images of specific emissions, but its large entrance slit accepts the full height and width of the torus. In the ideal case, each spectral emission feature would appear as an image of the torus at its appropriate position in the spectrum, creating an “overlapogram” (as did the Cassini UVIS instrument). In reality, the emissions are blurred due to instrumental resolution and aberrations, and multiple spectral feature overlap. Furthermore, the changing opening angle of the rotating torus adds a spurious apparent scale height variation which must be removed, with special attention to asymmetries introduced by Jupiter's changing tilt. With allowances for all these effects, we will report on our search for ion temperature variations during the first two years of Hisaki observations, and compare our results to a previous independent study by M. Shishido (M.S. thesis, U. Tohoku).

Keywords: Jupiter, Io, plasma torus, magnetosphere , hisaki, ultraviolet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3]
*Keiji Ohtsuki[1], Hiroshi Kawamura[1], Naoyuki Hirata[1], Hiroshi Daisaka[2], Hiroshi Kimura[3]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 一橋大学商学研究科、3. 千葉工業大学惑星探査研究センター
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Commerce and Management, Hitotsubashi University, 3. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

Spacecraft and ground-based observations have shown that particles in Saturn's main rings have a power-law distribution roughly between centimeter and ten meters, but sub-centimeter particles appear to be lacking. Recent studies based on Cassini observations suggest that the size of the smallest particles is on the order of millimeters. Cohesive force between particles has been proposed to explain the paucity of sub-centimeter particles, but its strength depends on impact velocity. In order to better understand recent Cassini observations about small ring particles, we examine impact velocity between ring particles using N-body simulation including size distribution. We find that most collisions take place at velocities lower than 0.1 cm per second; even in dense rings where particles' velocity dispersion is enhanced by gravitational wakes, they collide at such low velocities because particles tend to move coherently in the wakes. This velocity is too low to detach sub-centimeter particles that are attached to the surface of large ones due to the cohesive force, explaining their paucity in the main rings. On the other hand, more infrequent high-velocity impacts can release millimeter-sized particles strongly attached to the surface of large ones, explaining the observed free millimeter-sized particles with relatively low abundance. We will discuss implications of our results for the observed size of the smallest particles in Saturn's main rings.

キーワード：土星、環、カッシーニ
Keywords: Saturn, rings, Cassini

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4]
*Yasumasa Kasaba[1], Hiroaki Misawa[1], Fuminori Tsuchiya[1], Atsushi Kumamoto[2], Yuto Katoh[2], Tomoki Kimura[2], Hajime Kita[3], J.-E. Wahlund[4]

1. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. IRF Uppsala, Sweden
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 2. Department of Geophysics, Tohoku University, 3. ISAS/JAXA, 4. IRF Uppsala, Sweden

The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for the ESA JUICE mission (launch: 2022, Observations: 2030s) provides an elaborate suite of electromagnetic fields and plasma instruments. RPWI focuses on cold plasma studies and will investigate how the transfer of momentum and energy in the Jovian huge magnetosphere and the electrodynamic coupling with the icy Galilean moons. Remote sensing and direction finding of the Jovian radio emissions will be carried out. This capability is also devoted to the ices and the deep interiors of the icy moons. Investigations of the ice shells will be performed by means of a novel passive ground penetrating radar technique, which utilizes Jovian strong radio emissions as the transmitted signal. On the Ganymede orbit, continuous measurements of the electric field with the JUICE Magnetometer (JMAG) measurements will determine the electric coupling between any ocean, the ionosphere, and the magnetosphere, and provide the constraints on the physical characteristics of the subsurface ocean of Ganymede.
For those objectives, RPWI sensors consist of 4 Langmuir probes (LP-PWI) for determination of the vector electric field up to 1.6 MHz and cold plasma properties (including active measurements by LP sweeps and mutual impedance sounding) up to 1.6 MHz, a tri-axial search coil magnetometer (SCM) for determination of the vector magnetic field up to 20 kHz, and a tri-dipole antenna system (RWI) for monitoring of radio emissions (80 kHz - 45 MHz). From Japan, the RWI preamp and its High Frequency receiver with the onboard software will be provided, based on the modifications from the BepiColombo PWI and Arase PWE developments. Since Arase already shows the good performance in the radiation hard environment around Earth, we have enough confidence for the possible functions and performance on the Jovian hard environment. We will also provide Software Wave-Particle Interaction Analyzer (SWPIA) function to RPWI DPU, for the onboard quantitative detection of electromagnetic field - ion interactions, modifying from the Arase SWPIA which is also activating on the space now.
HF reciever will provide the first highly-resolved information of Jovian radio emissions emitted from Jovian multiple regions including lightning activity and icy moons, by the 3-ch receiver system manufactured by Japan and Sweden connected to the 3-elements 1.25-m E-filed dipole antenna system manufactured by Poland and Japan. Highly matured onboard and ground data processing will also be provided by France and Japan. As a byproduct, reflected Jovian emission can also be expected from the boundary of icy crust and conductive liquid subsurface ocean. Such reflection components could be observed as the Lunar surface reflection of terrestrial auroral kilometric radiation (AKR) seen by Kaguya Lunar Radar Sounder. JUICE has the RIME (Radar for Icy Moons Exploration) instrument, an active radar which emits 9 MHz pulse from 16 m tip-to-tip antenna and tries to detect the ocean under ~10 km icy crust. Since the frequency of Jovian radiation is wider (several 100 kHz to several 10s MHz), RPWI will provide complementary information, including the vertical distributions of conductivity and permittivity in the icy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

crust.
In the srping 2019, we are manufacturing and testing the Flight Models (FM) which will be shipped in June - July 2019 to Europe. The long road are connected to the first Jupiter and outer planet tour of the hardware from Japan.

キーワード：木星、JUICE、電波観測
Keywords: Jupiter, JUICE, Radio waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5]
*Ayako Matsuoka[1], Michele Karen Dougherty[2], Patrick Brown[2], Futoshi Takahashi[3], Hisayoshi Shimizu[4], Masaki Matsushima[5]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2. Imperial College London、3. 九州大学、4. 東京大学、5. 東京工業大学
1. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Imperial College London, 3. Kyushu University, 4. University of Tokyo, 5. Tokyo Institute of Technology

The magnetometer instrument (J-MAG) is one of the core instruments on the JUICE spacecraft and is critical for resolving prime science objectives of the mission. The importance of a magnetometer instrument on JUICE can be described under following themes. Firstly, the magnetic field drives the plasma processes occurring within the Jupiter system. Understanding such observations allows for a better understanding of dynamical plasma processes, of the generation of aurora and of the various current systems which arise within this rapidly rotating magnetosphere. Secondary, the magnetometer science which is unique to JUICE lies in being able to gain an understanding of the interior structure of the icy moons of Jupiter, specifically those of Ganymede, Callisto and Europa. Of particular interest are knowledge of the depth at which the liquid oceans reside beneath their icy surfaces, the strength of any internal magnetic fields such as at Ganymede and the strength of any induced magnetic fields arising within these oceans.

J-MAG science requirements result in a requirement on the spacecraft to determine accurate knowledge of the orientation of the fluxgate sensors (MAGIBS and MAGOB). Due to the long MAG boom it is not possible to meet J-MAG’s alignment requirement by mechanical stability alone, therefore the spacecraft includes two orthogonal coils mounted around its body. The coils can be driven with a current which produces a measurable magnetic field vector at the fluxgate sensors. This signal can then be used by the fluxgates to track the variation in the sensor alignment. This technical note describes the results of an analysis using an alignment recovery technique that was developed for the Kaguya mission, applied to the specific case of JUICE, considering the relative positions of the fluxgate sensors with respect to the JACS coils.

We derived equations to calculate the directions of the measurement axes in the frame fixed to the spacecraft, namely alignment angles, from the measurement results of reference magnetic fields generated by JACS. The errors of the alignment angle estimation and their dependence on measurement noise as well as inaccuracy of the coil current intensity are examined. Based on the quantitative results, the requirements to the JACS design and operation to satisfy the requests to the alignment accuracy are determined.

キーワード：木星、木星衛星、磁力計
Keywords: Jupiter, Jovian moons, magnetometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6]
*Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2], Koji Matsumoto[3], Noriyuki Namiki[3], Keigo Enya[4], Masanori Kobayashi[5], Hiroshi Araki[3], Hirotomo Noda[3], Ko Ishibashi[5], Hauke Hussmann[6], Kay Lingenauber[6]

1. 大阪大学、2. 北海道大学、3. 国立天文台、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 千葉工業大学惑星探査研究センター、6. German Aerospace Center (DLR), Berlin
1. Osaka University, 2. Hokkaido University, 3. National Astronomical Observatory Japan, 4. ISAS/JAXA, 5. Chiba Institute of Technology, 6. German Aerospace Center (DLR), Berlin

The JUpiter Icy Moons Explorer (JUICE), led by European Space Agency, has started development toward launch in 2022 (arrival at Jupiter in 2029, and Ganymede orbit insertion in 2032), and we are now developing the GALA instrument onboard JUICE spacecraft collaborating with German Aerospace Center (DLR) and other institutions in Europe. GALA will acquire the key information for understanding the evolution of Jovian icy moons and to play an essential role in the JUICE’s purpose: exploration of deep habitat.

Jovian icy moon Ganymede, which is the largest moon in the Solar System and the primary target of the JUICE, can be said to be one of the typical solid bodies along with terrestrial planets in terms of its size and the intrinsic magnetic field originated from the metallic core. However, current knowledge provided by previous explorations is extremely limited since it comes from only several fly-bys. The JUICE will unveil the whole picture of Ganymede by the first orbiting in the history around extra-terrestrial moon. Expected new big picture of the origin and evolution of Ganymede will not only be a key to unveil the origin of diversity among the Solar System bodies, but also contribute to an understanding of exoplanets with a wide diversity.

The GALA will measure a distance between the spacecraft and the surface of icy moons and acquire the topography data (globally for Ganymede, and fly-by region for Europa and Callisto). It will be a first-ever laser altimetry for the icy object. Such information makes surface geologies clear and tremendously improves our understanding of the icy tectonics. By comparing their tectonic styles on the rocky planets/moons, GALA data leads to reconsider the Earth’s plate tectonics. In addition, the GALA will confirm a presence/absence of the subsurface ocean by measuring tidal and rotational response, and the gravitational information reflecting the interior structure will be greatly improved. Furthermore, strength and waveform of reflected laser pulse have an information about surface reflectance at the laser wavelength and small-scale roughness. Finally we can see degrees of erosion and space weathering without being affected by illumination condition through GALA measurements.

In order to interpret and understand such measurements, accumulated studies for the Earth over the years will be effectively utilized: e.g., the data for surface topography, roughness and albedo will lead to describe the icy tectonics through the knowledge from terrestrial glaciology and experiments on impact and deformation process. The tidal measurements by GALA will also be a window to see its interior based on our knowledge and experiences cultivated through the past geodetic observations, e.g., the SELENE mission for the terrestrial Moon.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characterization of the icy moons will be achieved not only from the GALA measurements but also synergy of other scientific instruments onboard JUICE spacecraft, for examples, surface images taken by optical camera (JANUS) will confirm the position of GALA laser footprint to complement the GALA “point” data for precise topographic mapping. A radar sounder (RIME) and a radio science experiment (3GM) probe the interior structure, especially interior of the icy crust to figure out an occurrence of tectonic features. A visible and infrared imaging spectrometer (MAJIS), an ultraviolet imaging spectrograph (UVS) and a sub-millimeter wave instrument (SWI) will acquire a surface and atmosphere compositional data. A magnetometer (J-MAG) monitors moons’ inductive response to the Jovian magnetic field and probes the subsurface ocean with the help of a particle environment package (PEP) and a radio and plasma wave investigation (RPWI). The GALA works closely together with these instruments and plays a leading and a supporting role to clarify the whole picture of Ganymede and other icy moons.

キーワード：Jupiter、Icy moons、Laser altimetry
Keywords: Jupiter, Icy moons, Laser altimetry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、（グループ） JUICE SWI Japanese Team
*YASUKO KASAI[1], [Group] JUICE SWI Japanese Team

1. 情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター
1. National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

The Submillimetre-Wave Instrument (SWI) is one of the 10 scientific payloads on the JUpiter ICy moon Explorer (JUICE). The main scientific objectives of SWI is to investigate the structure, compositions and dynamics of the middle atmosphere of Jupiter and exosphere of its moons, as well as thermophysical properties if the satellite surfaces. SWI observations will provide pioneering direct measurements of atmospheric compositions in Jupiter system. SWI will performed limb and nadir observations in the frequency region 530-600 and 1075-1275 GHz. Japanese contribution is the development of main- and sub- reflectors, actuators for the instruments, feasibility studies, data processing, and scientific contributions. We present Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

キーワード：木星、木星衛星、サブミリ波観測器、JUICE、SWI
Keywords: Jupiter, Jovian moons, submm instrument, JUICE, SWI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-PS01] Outer Solar System Exploration Today, and Tomorrow

コンビーナ:木村 淳(大阪大学)、笠羽 康正(東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター)、Kunio M. Sayanagi(Hampton University)

The giant planets provide many keys to understanding planetary processes. They play an important role in shaping our solar system, and the physical and chemical processes they harbor also provide a unique opportunity to study the phenomena relevant for studying Earth and other planets, including exoplanetary systems. In this session, we discuss a wide range of topics encompassing the giant planets and their moons, including their origins, interiors, atmospheres, compositions, surface features, and electromagnetic fields. To advocate for current and future outer planets exploration (Cassini, Juno, New Horizons, JUICE, and beyond), we also call for discussions on future missions to explore giant planet systems, including how to develop better international cooperation. Discussion in this latter category will include progress in developing a solar sail mission concept for observing the Jupiter system and its trojan asteroids.

[PPS01-P01] Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1]、Olivier Mousis[2] (1.University of Michigan Ann Arbor、2.Laboratoire d'Astrophysique de Marseille)

[PPS01-P02] OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、圦本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1] (1.宇宙航空研究開発機構、2.東京大学、3.横浜国立大学、4.海洋研究開発機構、5.大阪大学、6.広島大学、7.北海道大学、8.関西学院大学、9.東北大学、10.金沢大学、11.理化学研究所、12.国立天文台、13.千葉工業大学、14.産業技術総合研究所、15.ドイツ航空宇宙センター、16.フランス宇宙天体物理学研究所、17.LISA、18.LATMOS、19.イタリア宇宙科学研究所、20.グルノーブル惑星天文研究所、21.ブラウンシュバイク工科大学、22.ハノーバー大学)

[PPS01-P03] 木星磁気圏の磁場モデルについて

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[PPS01-P04] ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所)

[PPS01-P05] すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.情報通信研究機構、4.NASA/JPL)

[PPS01-P06] Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[PPS01-P07] Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1]、Carl Schmidt[2]、Masato Kagitani[3]、Yasumasa Kasaba[3]、Tomoki Kimura[3]、Go Murakami[4]、Fuminori Tsuchiya[3]、Hajime Kita[3]、Reina Hikida[5]、Ichiro Yoshikawa[5]、Kazuo Yoshioka[5] (1.LASP, University of Colorado Boulder、2.Boston University、3.Tohoku University、4.ISAS/JAXA、5.University of Tokyo)

[PPS01-P08] Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.一橋大学商学研究科、3.千葉工業大学惑星探査研究センター)

[PPS01-P09] The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4] (1.東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.IRF Uppsala, Sweden)

[PPS01-P10] Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2.Imperial College London、3.九州大学、4.東京大学、5.東京工業大学)

[PPS01-P11] Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6] (1.大阪大学、2.北海道大学、3.国立天文台、4.宇宙航空研究開発機構、5.千葉工業大学惑星探査研究センター、6.German Aerospace Center (DLR), Berlin)

[PPS01-P12] Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、 JUICE SWI Japanese Team (1.情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター)

Critical Role of Entry Probes in Giant Planet Exploration

*Sushil K Atreya[1], Olivier Mousis[2]

1. University of Michigan Ann Arbor, 2. Laboratoire d'Astrophysique de Marseille

Flyby and orbiting spacecraft have explored the giant planets since the early 1970’s. In situ measurements in the troposphere are essential, however, for constraining the models of formation, evolution and interior processes of the giant planets. The models employ abundances and isotopic ratios of key elements, in particular C,N, S, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe and D/H, derived from the measurement of their (bulk) reservoir species. That was the scientific rationale for the 1995 Galileo Probe at Jupiter and a Saturn Probe in NASA’s New Frontiers list of candidate missions. Considering that the icy giant planets are distinct from the gas giants, they represent the missing pieces of the puzzle of the formation of the outer solar system, besides being the closest analog for nearly half of the confirmed exoplanets. Thus, their comprehensive exploration with an orbiter-probe spacecraft is essential. The principal focus of this talk is the science, feasibility and implementation strategy of in situ measurements with entry probes at the icy giant planets, Uranus and Neptune, guided by thermochemical models and lessons learned from the Galileo Probe and the ongoing Juno Orbiter. [www.umich.edu/~atreya]

Keywords: Icy Giants, Origin and Evolution, Uranus, Neptune, Entry Probes, Exoplanets

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

OKEANOS：ソーラー電力セイルによる木星トロヤ群小惑星の探査とさらなる遠方への挑戦

OKEANOS –Jupiter Trojan Asteroid Rendezvous and Landing Experiments Using a Solar Power Sail

*岡田 達明[1,2]、岩田 隆浩[1]、癸生川 陽子[3]、伊藤 元雄[4]、青木 順[5]、河井 洋輔[5]、横田 勝一郎[5]、斎藤 義文[1]、寺田 健太郎[5]、豊田 岐聡[5]、薮田 ひかる[6]、坂本 尚義[1,7]、松浦 周二[8]、津村 耕司[9]、米徳 大輔[10]、三原 建弘[11]、松岡 彩子[1]、野村 麗子[12]、矢野 創[1]、平井 隆之[13]、熊本 篤志[9]、中村 良介[14]、Ulamec Stephan[15]、Jaumann Ralf[15]、Bibring Jean-Pierre[16]、Grand Noel[17]、Szopa Cyril[18]、Palomba Ernesto[19]、Helbert Jorn[15]、Herique Alain[20]、Grott Matthias[15]、Auster Hans-Ulrich[21]、Klingelhoefer Goester[22]、吉田 二美[13]、吉川 真[1]、松本 純[1]、中条 俊大[1]、松下 将典[1]、佐伯 孝尚[1]、加藤 秀樹[1]、森 治[1]、川口 淳一郎[1]

*Tatsuaki Okada[1,2], Takahiro Iwata[1], Yoko Kebukawa[3], Motoo Ito[4], Jun Aoki[5], Yosuke Kawai[5], Shoichiro Yokota[5], Yoshifumi Saito[1], Kentaro Terada[5], Michisato Toyoda[5], Hikaru Yabuta[6], Hisayoshi Yurimoto[1,7], Shuji Matsuura[8], Kohji Tsumura[9], Daisuke Yonetoku[10], Tatehiro Mihara[11], Ayako Matsuoka[1], Reiko Nomura[12], Hajime Yano[1], Takayuki Hirai[13], Atsushi Kumamoto[9], Ryosuke Nakamura[14], Stephan Ulamec[15], Ralf Jaumann[15], Jean-Pierre Bibring[16], Noel Grand[17], Cyril Szopa[18], Ernesto Palomba[19], Jorn Helbert[15], Alain Herique[20], Matthias Grott[15], Hans-Ulrich Auster[21], Goester Klingelhoefer[22], Fumi Yoshida[13], Makoto Yoshikawa[1], Jun Matsumoto[1], Toshihiro Chujo[1], Masanori Matsushita[1], Takanao Saiki[1], Hideki Kato[1], Osamu Mori[1], Junichiro Kawaguchi[1]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 東京大学、3. 横浜国立大学、4. 海洋研究開発機構、5. 大阪大学、6. 広島大学、7. 北海道大学、8. 関西学院大学、9. 東北大学、10. 金沢大学、11. 理化学研究所、12. 国立天文台、13. 千葉工業大学、14. 産業技術総合研究所、15. ドイツ航空宇宙センター、16. フランス宇宙天体物理学研究所、17. LISA、18. LATMOS、19. イタリア宇宙科学研究所、20. グルノーブル惑星天文研究所、21. ブラウンシュバイク工科大学、22. ハノーバー大学

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. University of Tokyo, 3. Yokohama National University, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Osaka University, 6. Hiroshima University, 7. Hokkaido University, 8. Kwansei Gakuin University, 9. Tohoku University, 10. Kanazawa University, 11. RIKEN, 12. National Astronomical Observatory of Japan, 13. Chiba Institute of Technology, 14. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 15. German Aerospace Center, 16. Institut d’Astrophysique Spatiale, 17. LISA, 18. LATMOS, 19. INAF-IAPS, 20. IPAG, 21. TU Braunschweig, 22. Leibniz Universität Hannover

The OKEANOS (Oversize Kite-craft for Exploration and AstroNautics in the Outer Solar system) is a mission under study to rendezvous with and land on a Jupiter Trojan asteroid [1]. The target is a Jupiter Trojan but will be the Saturnian system in the future. It is an engineering mission to demonstrate advanced technologies such as the hybrid thrusting with the enhanced ion engine powered by a 40 x 40 m class large area solar cells to explore the outer solar system cost-effectively. With the new technology, the mission will conduct in-depth scientific measurements for understanding the origin and evolution of the solar system and life. The concept is complementary to NASA Lucy mission [2], multi-flybys to six Jupiter Trojans for understanding the variation of Jupiter Trojans.

Jupiter Trojans are D/P-types enriched in volatiles. They might have experienced almost no or only a low degree of alteration. Their origin and evolution, as well as chemical and physical state still remain unknown. Jupiter Trojans should be a missing link of materials that originate from the inner or the outer solar system by gravity scattering due to migration of giant planets [3]. They are key targets to understand

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the evolution of astromaterials and the radial distribution of elements and isotopes in the early solar system.

The OKEANOS has been downscaled from the previous proposal [4] due to the severe cost cap. The spacecraft of 1400 kg including a 40 kg lander will be launched in 2027 or later, assisted by gravity of Earth and Jupiter. It will arrive at the target asteroid after a 13-year cruise. 30 kg is allocated for science, 12 kg of which is reserved for international collaboration. Bus instruments such as the optical navigation cameras (ONC-T and -W), LIDAR, and radio science are used for scientific purposes. The lander is like Mascot with uprighting capability on the asteroid surface and 12 kg is allocated for science mission.

During the cruise, science experiments will be carried out from the “deep-space platform”. Measurements of IDPs and magnetic fields will continuously monitor their radial distribution in the solar system and sudden events. The gamma-ray polarimeter will be used for precise positioning of gamma-ray bursts using a very long baseline. Visible to near-infrared telescope will map the zodiacal lights and observe the deep sky under a dust-free condition from outside of the asteroid main belt.

After arrival, global mapping is carried out to characterize the asteroid and select the landing site. The asteroid shape, size, rotation state, and geologic features are imaged by ONC. Gravity is measured by radio tracking and LIDAR. Near-infrared spectroscopy characterizes red or less red patterns, the degree of hydration, mineralogy, and abundance of ices, organics, and brines. Thermal infrared multi-bands inform on thermophysical properties, mineralogy and amorphous phases. A radar probes the surface physical state and also contributes to altimetry. *In situ* experiments with the lander will characterize the footprint and surrounding area by imaging and spectroscopy, followed by measurements of mineralogical, elemental, and organic composition as well as physical, thermal, and magnetic properties at the site. The asteroid surface sample is collected to conduct high-resolution mass spectroscopy (HRMS) based on MULTUM system (infi-TOF type mass spectrometer [5]), especially to determine the isotopic ratios of δD and δ^{15}N and the volatile species contained in the sample. Details will be decided during the critical joint study in 2019. Those experiences will be inherited to future missions.

References: [1] Mori O. et al. (2018) Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan, 16, 328-333. [2] Levison H.F. et al. (2016) Lunar Planet. Sci. Conf., 47, #2061. [3] Morbidelli A. et al. (2005) *Nature 435*, 462-466. [4] Okada T. et al. (2018) Planet. Space Sci. 161, 99-106. [6] Toyoda M. et al. (2003) J. Mass Spectrom. 38, 1125-1142.

キーワード：ソーラーセイル、トロヤ群、着陸
Keywords: Solar Sail, Trojan, Landing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

木星磁気圏の磁場モデルについて
Magnetic field model of Jovian magnetosphere

*桃木 尚哉[1]、藤 浩明[1]
*Naoya Momoki[1], Hiroaki TOH[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

木星のガリレオ衛星のうちエウロパ、ガニメデ、カリストは氷衛星であり、その表面下に内部海が存在している可能性がある。氷はほぼ絶縁体と考えてよいが、イオンを含んだ液体の水は電気伝導度が高い為、電磁誘導現象を利用して内部海の有無が検証可能である。本研究では，その際に必要となる衛星にとっての外部磁場、つまり木星磁気圏磁場モデルを新たにデータを追加して更新した。

Khurana [1992]で示された木星のカレント・シート形状モデルに含まれるパラメータ3個と、Khurana [1997]で示された木星磁気圏磁場のオイラーポテンシャルモデルに含まれる14個のパラメータを、先行研究で既に用いられたPioneer10、Voyager1, 2探査機のデータではなく、Galileo、Juno[MOU1] 両探査機の新しいデータを用いて最適化した。モデルは非線形であるため，最適化手法として最急降下法を採用し、複数の初期パラメータからデータとモデルとの残差二乗和を最小にするパラメータセットを探索した。

結果としては、探査機の周回ごとに変動するモデルパラメータが得られ、パラメータから計算される木星磁気圏磁場や電流系も変化している事が分かった。これらのパラメータ変化は、木星磁気圏と太陽風との相互作用による変化も反映していると考えられ、氷ガリレオ衛星に対して更新した磁場モデルを適用する際には，その各パラメータを時間の関数として与えたほうが，各氷衛星が感じる外部磁場変化をより正確に表現できると考えられる。

キーワード：木星、磁気圏
Keywords: Jupiter, Magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハワイIRTF望遠鏡赤外分光による木星大赤斑の熱圏温度増大の検出
Enhancement of the Jovian thermospheric temperature above the Great Red Spot based on the infrared spectroscopic data obtained with IRTF/iSHELL

*神原 歩[1]、北 元[2]、坂野井 健[1]、笠羽 康正[1]、鍵谷 将人[1]、渡辺 はるな[1]
*Ayumu Kambara[1], Hajime Kita[2], Takeshi Sakanoi[1], Yasumasa Kasaba[1], Masato Kagitani[1], Haruna Watanabe[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空開発機構　宇宙科学研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

木星を含む巨大惑星の熱圏は、太陽極端紫外線による加熱による予測温度より数100K高温であることが知られる[Yelle and Miller, 2004]。中低緯度での比較的低エネルギー降下粒子による大気直接加熱や、高緯度でのオーロラ領域加熱の低緯度への輸送が高温となっている説明として考えられているがよくわかっていない[Waite *et al.*, 1983]。その他の要因として、下層大気で励起した大気重力波・音波等よるエネルギー輸送がその原因として提唱されている。そのような大気波動は木星では観測されていない。そこで本研究では木星の大赤斑に着目した。大赤斑は対流圏の高気圧性の嵐であると想定されていることから、この領域では大気重力波や音波が発生しやすい可能性がある。大赤斑上の上層大気温度上昇を捉えることで、下層大気-上層大気間のエネルギー輸送現象を明らかにすることができる。最近、O’Donoghue *et al.* [2016]により、IRTF赤外分光装置SpeX($\lambda/\Delta\lambda$~2500)によるH_3^+発光の２つの輝線強度比（3.383μm/3.454μm）から熱圏大気温度を導出した結果、大赤斑上で1644±161K、その他中低緯度領域では900±42Kと、大赤斑上での加熱を示唆する結果が報告されている。この説明として、大赤斑域での下層大気からのエネルギー輸送、すなわち対流圏高気圧性嵐である大赤斑で発生した大気重力波・音波の熱圏への伝搬が挙げられた。

ただし先行研究では波長分解能が低いため、CH_4の発光輝線が分離できず、温度推定に誤差が残っている可能性が指摘されている。また大赤斑に注目した熱圏温度推定はこれまでこの一例しか報告されておらず、木星での大気波動によって熱圏温度に時間変化や空間変動は確認されていない。そこで我々は2017年1月11日にハワイ・マウナケア山頂にあるIRTF望遠鏡のエシェル赤外分光装置iSHELLを用いて、大赤斑近傍での熱圏大気温度観測を実施した。観測は、iSHELLのLp1-mode (3.265-3.657μm)で行った。観測では、長さ15″のスリットを、大赤斑を含む東西方向に配置し、一つの撮像フレーム内に大赤斑と大赤斑以外の中低緯度領域の情報を同時にとらえた。ここで、30秒間で木星データ、スカイデータのデータ取得を交互に行った。一晩で木星とスカイデータは計９セット得ることができたが、今回はその中でデータ補正が良好であった４セットを用い、温度導出を行った。解析において、校正や物理量変換はNASA提供のデータ補正・校正ツールSpextool ver. 5.0.1を用いた。熱圏温度導出は、O’Donoghue *et al.* [2016]と同じH_3^+発光輝線強度比（3.3839μm/3.4548μm）を用いた。ここで、3.3839μmの輝線近傍にCH_4輝線（3.4554、3.4538、3.4539μm）が存在するため、精密にその影響を差し引く必要がある。この波長差は最も近接しているものでおよそ3×10^{-3}μmであり、iSHELLより高波長分解能（$\lambda/\Delta\lambda$~75000）で分離することができる。この特長を生かして3.4548μmの発光輝線とCH_4輝線の分離を実現し、より正確な温度推定を可能とした。我々のこれまでの解析結果から、大赤斑の熱圏温度は911±132K、その周囲の同緯度域で583±30Kと見積もられ、大赤斑上の熱圏温度は周囲より有意に高いことが明らかになった。この事実は、大赤斑で発生した大気重力波・音波の熱圏への伝搬の存在を示唆する。また本研究で得られた熱圏温度はO’Donoghue *et al.* [2016]と比較して大赤斑上で約700K、その周辺で約300K低かった。これは観測機器の違いや熱圏温度に時間変動が存在する可能性か考えられる。本講演では、大赤斑の内外における熱圏温度の観測・データ解析の詳細と、その評価について検討した結果を報告する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：木星、大赤斑、熱圏
Keywords: Jupiter, Great red spot, Thermosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

すばる8-m望遠鏡観測による木星極域赤外発光の脈動的変動特性の解明: H3+およびメタン発光

Pulsation-like variation of Jovian infrared polar emission observed by Subaru 8-m: H3+ and methane emissions

*笠羽 康正[1]、渡辺 はるな[1]、北 元[2]、垰 千尋[3]、坂野井 健[1]、鍵谷 将人[1]、Orton Glenn[1,4]、James Sinclair[4]
*Yasumasa Kasaba[1], Haruna Watanabe[1], Hajime Kita[2], Chihiro Tao[3], Takeshi Sakanoi[1], Masato Kagitani[1], Orton Glenn[1,4], James Sinclair[4]

1. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 情報通信研究機構、4. NASA/JPL
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, 2. ISAS/JAXA, 3. NICT, 4. NASA/JPL

In the Jovian high-latitude region, there are emissions with various wavelengths ranges, morphologies, and time variations. They are important tracers of energy injection carried by auroral particles that precipitate from the magnetosphere. The polar IR emissions excited in the Jovian upper atmosphere, which include the H_3^+ aurora and thermal emissions of hydrocarbons, reflect not only the abundance of emission sources but also the thermal structures. Both are affected by auroral precipitation into the source region. It is known that, in the polar region inner than the auroral oval, the flux of auroral precipitation can have time variations over various scales from years to seconds.

The H_3^+ aurora observed in near infrared is emitted in thermosphere / ionosphere from thermally excited H_3^+ ions above the CH_4 homopause. Auroral precipitation ionized H_2 and produce H_3^+ ions through ion chemistries. In previous observational studies, the shortest timescale of H_3^+ auroral intensity change was ~30 min, but detected by ~16-min step imaging. We performed the temporal imaging observation of the Jovian H_3^+ IR aurora with Subaru/IRCS and the H_3^+ narrow-band filter on 31 January 2015 and 25 May 2016. The adaptive optics enabled us to see the target with high spatial resolution (~0.2 arcsec). From the images obtained with time resolution of ~150 s on 25 May 2016, we detected a patch-like auroral feature pulsating with a period of ~10 min in noon sector of northern polar region. On the other hand, we could not find any periodic variations from the data obtained on 31 January 2015, which was obtained as slit-viewer image for the other study, and whose time intervals of ~10–30 min every several images was not optimized to this research. In addition, the location where the patch-like emissions observed with high intensities on 25 May 2016 were not so bright on 31 January 2015. The patch-like auroral feature that was pulsating during our observation period on 25 May 2016 have been sometimes observed in UV, but not always. Previous UV observations reported some pulsating auroral features with the periods of ~2–11 min in the northern polar region. However, the locations of them are not consistent with the patch-like feature in this study. The pulsation period of the X-ray aurora, which has a hot spot coinciding with our patch-like IR aurora, is 40–50 min. This region is estimated to connect magnetically to out of the magnetopause, and auroral precipitation there can be caused by dayside reconnection between the Jovian magnetospheric field and interplanetary field.

On the other hand, the hydrocarbon polar emission observed in mid-infrared is emitted from the whole stratosphere. From their locations and morphologies, it is estimated to be related with auroral particles penetrating under the homopause. However, the mechanisms of this link (composition change and/or heating by particle precipitations) are not well understood. Previous studies found the intensity time

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variation of polar CH_4 emission over days and months. We tried to detect the time variation of CH_4 emission intensity by continuous imaging observations of the northern polar region over several tens of minutes on 31 March, 24 and 25 May 2018 with Subaru/COMICS. We obtained the images using the 7.8 μm filter, which is sensitive to the CH_4 thermal emissions occurring in the pressure range of 20–0.5 mbar and 1 μbar in the Jovian upper stratosphere, with time resolution of ~1 min. On all observation days, the polar region was not bright in 7.8 μm. In addition, we could not find clear time variations of polar CH_4 emission intensity during our observation periods, 25, 50 and 60 min on 31 March, 24 and 25 May 2018. This observation result is consistent to the model estimation by *Kuroda et al.* [2014], which suggested the relaxation time of hydrocarbon thermal emissions in the Jovian upper stratosphere, where is a possible source region of polar CH_4 emission, is at least ~10^5 s (~28 h).

キーワード：木星、極域発光、H3+、CH4、短時間変動
Keywords: Jupiter, polar emission, H3+, CH4, short time variations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structure of Io plasma torus observed with the Tohoku 60-cm telescope

*鍵谷 将人[1]、土屋 史紀[1]、吉岡 和夫[2]、村上 豪[3]、木村 智樹[1]、古賀 亮一[1]、疋田 伶奈[4]、坂野井 健[1]
*Masato Kagitani[1], Fuminori Tsuchiya[1], Kazuo Yoshioka[2], Go Murakami[3], Tomoki Kimura[1], Ryoichi Koga[1], Reina Hikida[4], Takeshi Sakanoi[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、4. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate School of frontier Science, The University of Tokyo, 3. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Tokyo University

Volcanic gases (mainly composed of SO_2, SO and S) originated from jovian satellite Io are ionized by interaction with magnetospheric plasma and then form a donut-shaped region called Io plasma torus. Ion pickup is the most significant energy source on the plasma torus though, distribution of pick-up region and its variability is still unclear. Density profiles of ions along the magnetic field line are determined under condition of diffusive equilibrium. Based on the equilibrium, plasma equator is close to the centrifugal equator though, higher ion anisotropy moves the plasma equator toward the magnetic equator. Measuring ion distribution with enough spatial resolution enables us to derive ion anisotropy which is tightly related to the amount of fresh pickup ion. On this study, we focus on variability of latitudinal structure of Io plasma torus as well as its radial structure using ground-based observation over six month period in 2018. The ground-based observation of sulfur ion emission, [SII] 671.6nm and 673.1nm was made at Haleakala observatory in Hawaii during March through August 2018 using the Tohoku 60-cm telescope (T60). A monochromatic imager with coronagraph attached onto the Cassegrain focus of T60 enables to measure distribution of S^+ with spatial resolution of 0.03 jovian radii (R_J). A digital micro-mirror device DMD was employed to block light from Jupiter disk and Galilean moons. Typical integration time of each frame was 20 minutes and total number of reduced image is 480. We also made observation of neutral sodium cloud extending up to several hundred of R_J as a proxy of supply of neutral particles from Io (Yoneda et al., 2015). Based on observation over the six month, [SII] brightness increases from DOY 80 through 140, then gradually decreases though DOY 230 in 2018. The data reduction of iogenic neutral sodium cloud is still undergoing though, neutral sodium cloud seems to increase from DOY 50 through 135, as [SII] brightness increases. The result suggests that increased volcanic activity from DOY 50-135 caused increase of S+ and brightening of [SII] emission. As for variability of shorter duration, we find [SII] brightening event within a short period (< 2 days) at around 28 through 30 July over a small region (< 30 degrees in longitude). [SII] 671.6 and 673.1 nm emissions are sensitive to cold electron (1-10eV) rather than hot electron (>100eV). Thus, increase of cold electron temperature explains the observed [SII] brightening well as the EUV space telescope Hisaki observed brightening of Io plasma torus associated with injection of hot electron. We also find variation of latitudinal structure of Io plasma torus. Longitudinal peak of S^+ emission at the same system III longitude 279 degree are -0.73, -0.80 and -0.79 R_J on 26, 29 July 7 and August, respectively. The shift of S^+ density peak toward magnetic equator implies higher anisotropy 29 on July and 7 August compared with 26 July. One of the possible explanation of the latitudinal shift of S^+ plasma is an increase of flesh pickup ion which makes higher anisotropy. Further study using Colorado Io Plasma Torus Emission Package (CITEP) will be presented on the presentation to take into account for line-of-sight integration effect of the ground-based observation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：イオプラズマトーラス
Keywords: Io plasma torus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ion Scale Height Variability in Hisaki Io Torus Observations

*Nicholas McCord Schneider[1], Carl Schmidt[2], Masato Kagitani[3], Yasumasa Kasaba[3], Tomoki Kimura[3], Go Murakami[4], Fuminori Tsuchiya[3], Hajime Kita[3], Reina Hikida[5], Ichiro Yoshikawa[5], Kazuo Yoshioka[5]

1. LASP, University of Colorado Boulder, 2. Boston University, 3. Tohoku University, 4. ISAS/JAXA, 5. University of Tokyo

Ion temperature is a critical variable in Io plasma torus energetics, but is difficult to derive from remote sensing measurements. The relative importance of hot ions vs. hot electrons in powering the torus emissions remains an open question. Torus brightenings, whether caused by episodic changes in the volcanic supply to the torus or periodic System III/IV enhancements, offer the best chance to search for driving variations in hot electrons or ions. Much attention has been paid to hot electron populations, derivable from detailed spectral modeling, but less work has been done on ion temperature. Ground-based studies have successfully derived $T_{\perp}$ from very high resolution spectra, and $T_{||}$ from scale height measurements in images, both over limited datasets. Schneider et al. 1997 found strong longitudinal variations in $T_{||}$ during a week-long dataset, and anti-correlated System III brightness, but more extended followup datasets have not previously been available.

The Hisaki dataset presents the possibility of an unparalleled opportunity to study long-term and short-term variations in ion temperatures. The instrument is not designed to take images of specific emissions, but its large entrance slit accepts the full height and width of the torus. In the ideal case, each spectral emission feature would appear as an image of the torus at its appropriate position in the spectrum, creating an “overlapogram” (as did the Cassini UVIS instrument). In reality, the emissions are blurred due to instrumental resolution and aberrations, and multiple spectral feature overlap. Furthermore, the changing opening angle of the rotating torus adds a spurious apparent scale height variation which must be removed, with special attention to asymmetries introduced by Jupiter's changing tilt. With allowances for all these effects, we will report on our search for ion temperature variations during the first two years of Hisaki observations, and compare our results to a previous independent study by M. Shishido (M.S. thesis, U. Tohoku).

Keywords: Jupiter, Io, plasma torus, magnetosphere , hisaki, ultraviolet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Size of the Smallest Particles in Saturn's Rings

*大槻 圭史[1]、川村 浩司[1]、平田 直之[1]、台坂 博[2]、木村 宏[3]
*Keiji Ohtsuki[1], Hiroshi Kawamura[1], Naoyuki Hirata[1], Hiroshi Daisaka[2], Hiroshi Kimura[3]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 一橋大学商学研究科、3. 千葉工業大学惑星探査研究センター
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Graduate School of Commerce and Management, Hitotsubashi University, 3. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology

Spacecraft and ground-based observations have shown that particles in Saturn's main rings have a power-law distribution roughly between centimeter and ten meters, but sub-centimeter particles appear to be lacking. Recent studies based on Cassini observations suggest that the size of the smallest particles is on the order of millimeters. Cohesive force between particles has been proposed to explain the paucity of sub-centimeter particles, but its strength depends on impact velocity. In order to better understand recent Cassini observations about small ring particles, we examine impact velocity between ring particles using N-body simulation including size distribution. We find that most collisions take place at velocities lower than 0.1 cm per second; even in dense rings where particles' velocity dispersion is enhanced by gravitational wakes, they collide at such low velocities because particles tend to move coherently in the wakes. This velocity is too low to detach sub-centimeter particles that are attached to the surface of large ones due to the cohesive force, explaining their paucity in the main rings. On the other hand, more infrequent high-velocity impacts can release millimeter-sized particles strongly attached to the surface of large ones, explaining the observed free millimeter-sized particles with relatively low abundance. We will discuss implications of our results for the observed size of the smallest particles in Saturn's main rings.

キーワード：土星、環、カッシーニ
Keywords: Saturn, rings, Cassini

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for JUICE for the investigation of Jupiter and Icy Moons System: Contributions from Japan

*笠羽 康正[1]、三澤 浩昭[1]、土屋 史紀[1]、熊本 篤志[2]、加藤 雄人[2]、木村 智樹[2]、北 元[3]、J.-E. Wahlund[4]
*Yasumasa Kasaba[1], Hiroaki Misawa[1], Fuminori Tsuchiya[1], Atsushi Kumamoto[2], Yuto Katoh[2], Tomoki Kimura[2], Hajime Kita[3], J.-E. Wahlund[4]

1. 東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学 大学院理学研究科 地球物理学専攻、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. IRF Uppsala, Sweden
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku University, 2. Department of Geophysics, Tohoku University, 3. ISAS/JAXA, 4. IRF Uppsala, Sweden

The Radio & Plasma Wave Investigation (RPWI) for the ESA JUICE mission (launch: 2022, Observations: 2030s) provides an elaborate suite of electromagnetic fields and plasma instruments. RPWI focuses on cold plasma studies and will investigate how the transfer of momentum and energy in the Jovian huge magnetosphere and the electrodynamic coupling with the icy Galilean moons. Remote sensing and direction finding of the Jovian radio emissions will be carried out. This capability is also devoted to the ices and the deep interiors of the icy moons. Investigations of the ice shells will be performed by means of a novel passive ground penetrating radar technique, which utilizes Jovian strong radio emissions as the transmitted signal. On the Ganymede orbit, continuous measurements of the electric field with the JUICE Magnetometer (JMAG) measurements will determine the electric coupling between any ocean, the ionosphere, and the magnetosphere, and provide the constraints on the physical characteristics of the subsurface ocean of Ganymede.
For those objectives, RPWI sensors consist of 4 Langmuir probes (LP-PWI) for determination of the vector electric field up to 1.6 MHz and cold plasma properties (including active measurements by LP sweeps and mutual impedance sounding) up to 1.6 MHz, a tri-axial search coil magnetometer (SCM) for determination of the vector magnetic field up to 20 kHz, and a tri-dipole antenna system (RWI) for monitoring of radio emissions (80 kHz - 45 MHz). From Japan, the RWI preamp and its High Frequency receiver with the onboard software will be provided, based on the modifications from the BepiColombo PWI and Arase PWE developments. Since Arase already shows the good performance in the radiation hard environment around Earth, we have enough confidence for the possible functions and performance on the Jovian hard environment. We will also provide Software Wave-Particle Interaction Analyzer (SWPIA) function to RPWI DPU, for the onboard quantitative detection of electromagnetic field - ion interactions, modifying from the Arase SWPIA which is also activating on the space now.
HF reciever will provide the first highly-resolved information of Jovian radio emissions emitted from Jovian multiple regions including lightning activity and icy moons, by the 3-ch receiver system manufactured by Japan and Sweden connected to the 3-elements 1.25-m E-filed dipole antenna system manufactured by Poland and Japan. Highly matured onboard and ground data processing will also be provided by France and Japan. As a byproduct, reflected Jovian emission can also be expected from the boundary of icy crust and conductive liquid subsurface ocean. Such reflection components could be observed as the Lunar surface reflection of terrestrial auroral kilometric radiation (AKR) seen by Kaguya Lunar Radar Sounder. JUICE has the RIME (Radar for Icy Moons Exploration) instrument, an active radar which emits 9 MHz pulse from 16 m tip-to-tip antenna and tries to detect the ocean under ~10 km icy crust. Since the frequency of Jovian radiation is wider (several 100 kHz to several 10s MHz), RPWI will provide complementary information, including the vertical distributions of conductivity and permittivity in the icy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

crust.
In the srping 2019, we are manufacturing and testing the Flight Models (FM) which will be shipped in June - July 2019 to Europe. The long road are connected to the first Jupiter and outer planet tour of the hardware from Japan.

キーワード：木星、JUICE、電波観測
Keywords: Jupiter, JUICE, Radio waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetic field experiment at Jupiter icy moons (JUICE J-MAG) and in-flight alignment calibration

*松岡 彩子[1]、Michele Dougherty[2]、Patrick Brown[2]、高橋 太[3]、清水 久芳[4]、松島 政貴[5]
*Ayako Matsuoka[1], Michele Karen Dougherty[2], Patrick Brown[2], Futoshi Takahashi[3], Hisayoshi Shimizu[4], Masaki Matsushima[5]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所　太陽系科学研究系、2. Imperial College London、3. 九州大学、4. 東京大学、5. 東京工業大学
1. Research Division for Space Plasma, Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Imperial College London, 3. Kyushu University, 4. University of Tokyo, 5. Tokyo Institute of Technology

The magnetometer instrument (J-MAG) is one of the core instruments on the JUICE spacecraft and is critical for resolving prime science objectives of the mission. The importance of a magnetometer instrument on JUICE can be described under following themes. Firstly, the magnetic field drives the plasma processes occurring within the Jupiter system. Understanding such observations allows for a better understanding of dynamical plasma processes, of the generation of aurora and of the various current systems which arise within this rapidly rotating magnetosphere. Secondary, the magnetometer science which is unique to JUICE lies in being able to gain an understanding of the interior structure of the icy moons of Jupiter, specifically those of Ganymede, Callisto and Europa. Of particular interest are knowledge of the depth at which the liquid oceans reside beneath their icy surfaces, the strength of any internal magnetic fields such as at Ganymede and the strength of any induced magnetic fields arising within these oceans.

J-MAG science requirements result in a requirement on the spacecraft to determine accurate knowledge of the orientation of the fluxgate sensors (MAGIBS and MAGOB). Due to the long MAG boom it is not possible to meet J-MAG’s alignment requirement by mechanical stability alone, therefore the spacecraft includes two orthogonal coils mounted around its body. The coils can be driven with a current which produces a measurable magnetic field vector at the fluxgate sensors. This signal can then be used by the fluxgates to track the variation in the sensor alignment. This technical note describes the results of an analysis using an alignment recovery technique that was developed for the Kaguya mission, applied to the specific case of JUICE, considering the relative positions of the fluxgate sensors with respect to the JACS coils.

We derived equations to calculate the directions of the measurement axes in the frame fixed to the spacecraft, namely alignment angles, from the measurement results of reference magnetic fields generated by JACS. The errors of the alignment angle estimation and their dependence on measurement noise as well as inaccuracy of the coil current intensity are examined. Based on the quantitative results, the requirements to the JACS design and operation to satisfy the requests to the alignment accuracy are determined.

キーワード：木星、木星衛星、磁力計
Keywords: Jupiter, Jovian moons, magnetometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Science targets of the GAnymede Laser Altimeter (GALA) for the JUICE mission

*木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]、松本 晃治[3]、並木 則行[3]、塩谷 圭吾[4]、小林 正規[5]、荒木 博志[3]、野田 寛大[3]、石橋 高[5]、Hauke Hussmann[6]、Kay Lingenauber[6]
*Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2], Koji Matsumoto[3], Noriyuki Namiki[3], Keigo Enya[4], Masanori Kobayashi[5], Hiroshi Araki[3], Hirotomo Noda[3], Ko Ishibashi[5], Hauke Hussmann[6], Kay Lingenauber[6]

1. 大阪大学、2. 北海道大学、3. 国立天文台、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 千葉工業大学惑星探査研究センター、6. German Aerospace Center (DLR), Berlin
1. Osaka University, 2. Hokkaido University, 3. National Astronomical Observatory Japan, 4. ISAS/JAXA, 5. Chiba Institute of Technology, 6. German Aerospace Center (DLR), Berlin

The JUpiter Icy Moons Explorer (JUICE), led by European Space Agency, has started development toward launch in 2022 (arrival at Jupiter in 2029, and Ganymede orbit insertion in 2032), and we are now developing the GALA instrument onboard JUICE spacecraft collaborating with German Aerospace Center (DLR) and other institutions in Europe. GALA will acquire the key information for understanding the evolution of Jovian icy moons and to play an essential role in the JUICE’s purpose: exploration of deep habitat.

Jovian icy moon Ganymede, which is the largest moon in the Solar System and the primary target of the JUICE, can be said to be one of the typical solid bodies along with terrestrial planets in terms of its size and the intrinsic magnetic field originated from the metallic core. However, current knowledge provided by previous explorations is extremely limited since it comes from only several fly-bys. The JUICE will unveil the whole picture of Ganymede by the first orbiting in the history around extra-terrestrial moon. Expected new big picture of the origin and evolution of Ganymede will not only be a key to unveil the origin of diversity among the Solar System bodies, but also contribute to an understanding of exoplanets with a wide diversity.

The GALA will measure a distance between the spacecraft and the surface of icy moons and acquire the topography data (globally for Ganymede, and fly-by region for Europa and Callisto). It will be a first-ever laser altimetry for the icy object. Such information makes surface geologies clear and tremendously improves our understanding of the icy tectonics. By comparing their tectonic styles on the rocky planets/moons, GALA data leads to reconsider the Earth’s plate tectonics. In addition, the GALA will confirm a presence/absence of the subsurface ocean by measuring tidal and rotational response, and the gravitational information reflecting the interior structure will be greatly improved. Furthermore, strength and waveform of reflected laser pulse have an information about surface reflectance at the laser wavelength and small-scale roughness. Finally we can see degrees of erosion and space weathering without being affected by illumination condition through GALA measurements.

In order to interpret and understand such measurements, accumulated studies for the Earth over the years will be effectively utilized: e.g., the data for surface topography, roughness and albedo will lead to describe the icy tectonics through the knowledge from terrestrial glaciology and experiments on impact and deformation process. The tidal measurements by GALA will also be a window to see its interior based on our knowledge and experiences cultivated through the past geodetic observations, e.g., the SELENE mission for the terrestrial Moon.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Characterization of the icy moons will be achieved not only from the GALA measurements but also synergy of other scientific instruments onboard JUICE spacecraft, for examples, surface images taken by optical camera (JANUS) will confirm the position of GALA laser footprint to complement the GALA “point” data for precise topographic mapping. A radar sounder (RIME) and a radio science experiment (3GM) probe the interior structure, especially interior of the icy crust to figure out an occurrence of tectonic features. A visible and infrared imaging spectrometer (MAJIS), an ultraviolet imaging spectrograph (UVS) and a sub-millimeter wave instrument (SWI) will acquire a surface and atmosphere compositional data. A magnetometer (J-MAG) monitors moons’ inductive response to the Jovian magnetic field and probes the subsurface ocean with the help of a particle environment package (PEP) and a radio and plasma wave investigation (RPWI). The GALA works closely together with these instruments and plays a leading and a supporting role to clarify the whole picture of Ganymede and other icy moons.

キーワード：Jupiter、Icy moons、Laser altimetry
Keywords: Jupiter, Icy moons, Laser altimetry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

*笠井 康子[1]、（グループ） JUICE SWI Japanese Team
*YASUKO KASAI[1], [Group] JUICE SWI Japanese Team

1. 情報通信研究機構 テラヘルツ研究センター
1. National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

The Submillimetre-Wave Instrument (SWI) is one of the 10 scientific payloads on the JUpiter ICy moon Explorer (JUICE). The main scientific objectives of SWI is to investigate the structure, compositions and dynamics of the middle atmosphere of Jupiter and exosphere of its moons, as well as thermophysical properties if the satellite surfaces. SWI observations will provide pioneering direct measurements of atmospheric compositions in Jupiter system. SWI will performed limb and nadir observations in the frequency region 530-600 and 1075-1275 GHz. Japanese contribution is the development of main- and sub- reflectors, actuators for the instruments, feasibility studies, data processing, and scientific contributions. We present Current status of the antenna developments, the data processing, scientific target for JUICE/SWI JAPAN.

キーワード：木星、木星衛星、サブミリ波観測器、JUICE、SWI
Keywords: Jupiter, Jovian moons, submm instrument, JUICE, SWI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Masateru Ishiguro(Seoul National University)

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[PPS03-01] ラブルパイル小惑星リュウグウの形状と起源

★招待講演

*渡邊 誠一郎[1,5]、平林 正俊[2]、平田 成[3]、平田 直之[4]、野口 里奈[5]、嶌生 有理[5]、池田 人[6]、巽 瑛理[7]、吉川 真[5]、菊地 翔太[5]、薮田 ひかる[8]、中村 智樹[9]、橘 省吾[7,5]、石原 吉明[10]、諸田 智克[1]、北里 宏平[3]、坂谷 尚哉[5]、松本 晃治[11,12]、和田 浩二[13]、千秋 博紀[13]、本田 親寿[3]、道上 達広[14]、竹内 央[5]、神山 徹[15]、本田 理恵[16]、Robert Gaskell[17]、Eric Palmer[17]、Olivier Barnouin[18]、Patrick Michel[19]、Paul Abell[20]、山本 幸生[5]、田中 智[5]、白井 慶[5]、松岡 萌[5]、杉田 精司[5,7]、岡田 達明[5]、並木 則行[11]、荒川 政彦[4]、石黒 正晃[21]、小川 和律[4]、照井 冬人[5]、佐伯 孝尚[5]、中澤 暁[5]、津田 雄一[5]、はやぶさ2 サイエンスチーム (1.名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2.オーバン大学、3.会津大学、4.神戸大学、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.宇宙航空研究開発機構 研究開発部門、7.東京大学、8.広島大学、9.東北大学、10.国立環境研究所、11.国立天文台、12.総合研究院大学、13.千葉工業大学、14.近畿大学、15.産業技術総合研究所、16.高知大学、17.惑星科学研究所、18.ジョンホプキンス大学、19.コート・ダジュール大学/観測所、20.NASA ジョンソンスペースセンター、21.ソウル大学)

11:00 ~ 11:15

[PPS03-02] Results of Hayabusa2 Near Infrared Spectroscopy at Asteroid Ryugu

*岩田 隆浩[1]、北里 宏平[2]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、仲内 悠祐[1]、松岡 萌[1]、津村 耕司[3]、松浦 周二[4]、Riu Lucie[1]、NIRS3 チーム (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.会津大学、3.東北大学、4.関西学院大学)

11:15 ~ 11:30

[PPS03-03] はやぶさ２SCI/DCAM3による人工クレーターの形成と観測

★招待講演

*荒川 政彦[1]、佐伯 孝尚[2]、門野 敏彦[3]、高木 靖彦[4]、和田 浩二[5]、飯島 祐一[2]、今村 裕志[2]、岡本 千里[1]、嶌生 有理[2]、白井 慶[2]、中澤 暁[2]、早川 雅彦[2]、平田 成[6]、矢野 創[2]、澤田 弘崇[2]、小川 和律[1]、石橋 高[5]、木村 宏[5]、小林 正規[5]、坂谷 尚哉[2]、早川 基[2]、本田 理恵[7]、杉田 精司[8]、諸田 智克[9]、亀田 真吾[10]、巽 瑛理[8]、本田 親寿[6]、横田 康弘[2]、神山 徹[11]、山田 学[5]、鈴木 秀彦[12]、吉岡 和夫[13]、長 勇一郎[8]、松岡 萌[2] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.産業医科大学医学部、4.愛知東邦大学 、5.千葉工業大学惑星探査研究センター 、6.会津大学　コンピュータ理工学部 、7.高知大学自然科学系理工学部門 、8.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 、9.名古屋大学大学院環境学研究科 、10.立教大学理学部 、11.産業技術総合研究所 、12.明治大学理工学部物理学科 、13.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

11:30 ~ 11:45

[PPS03-04] サイズ分布をもつガラスビーズ層へのクレーター形成実験：小惑星Ryuguのクレーター形成過程の解明

*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]、長谷川 直[2]、山本 裕也[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学大学院理学研究科、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[PPS03-05] Enhancement of impact heating in strength-supported media

*黒澤 耕介[1]、玄田 英典[2]、脇田 茂[2]、Thomas Davison[3]、兵頭 龍樹[2]、中村 智樹[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学　地球生命研究所、3.Department of Earth Science & Engineering, Imperial College London、4.東北大学 地球惑星物質科学科・地学専攻)

12:00 ~ 12:15

[PPS03-06] Global Thermal Inertia and Surface Roughness of Asteroid 162173 Ryugu by TIR on Hayabusa2

*嶌生 有理[1]、千秋 博紀[2]、坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1,3]、福原 哲哉[4]、田中 智[1]、田口 真[4]、荒井 武彦[5]、出村 裕英[6]、小川 佳子[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[7]、神山 徹[8]、滝田 隼[9]、松永 恒雄[10]、今村 剛[3]、和田 武彦[1]、長谷川 直[1] (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2.千葉工業大学、3.東京大学、4.立教大学、5.足利大学、6.会津大学、7.北海道教育大学、8.産業技術総合研究所、9.北海道北見北斗高校、10.国立環境研究所)

ラブルパイル小惑星リュウグウの形状と起源
The shape and origin of the rubble-pile asteroid Ryugu

*渡邊 誠一郎[1,5]、平林 正俊[2]、平田 成[3]、平田 直之[4]、野口 里奈[5]、嶌生 有理[5]、池田 人[6]、巽 瑛理[7]、吉川 真[5]、菊地 翔太[5]、薮田 ひかる[8]、中村 智樹[9]、橘 省吾[7,5]、石原 吉明[10]、諸田 智克[1]、北里 宏平[3]、坂谷 尚哉[5]、松本 晃治[11,12]、和田 浩二[13]、千秋 博紀[13]、本田 親寿[3]、道上 達広[14]、竹内 央[5]、神山 徹[15]、本田 理恵[16]、Robert Gaskell[17]、Eric Palmer[17]、Olivier Barnouin[18]、Patrick Michel[19]、Paul Abell[20]、山本 幸生[5]、田中 智[5]、白井 慶[5]、松岡 萌[5]、杉田 精司[5,7]、岡田 達明[5]、並木 則行[11]、荒川 政彦[4]、石黒 正晃[21]、小川 和律[4]、照井 冬人[5]、佐伯 孝尚[5]、中澤 暁[5]、津田 雄一[5]、はやぶさ2 サイエンスチーム
*Sei-ichiro WATANABE[1,5], Masatoshi Hirabayashi[2], Naru Hirata[3], Naoyuki Hirata[4], Rina Noguchi[5], Yuri Shimaki[5], Hitoshi Ikeda[6], Eri Tatsumi[7], Makoto Yoshikawa[5], Shota Kikuchi[5], Hikaru Yabuta[8], Tomoki Nakamura[9], Shogo Tachibana[7,5], Yoshiaki Ishihara[10], Tomokatsu Morota[1], Kohei Kitazato[3], Naoya Sakatani[5], Koji Matsumoto[11,12], Koji Wada[13], Hiroki Senshu[13], Chikatoshi Honda[3], Tatsuhiro Michikami[14], Hiroshi Takeuchi[5], Toru Kouyama[15], Rie Honda[16], Robert Gaskell[17], Eric Palmer[17], Olivier S. Barnouin[18], Patrick Michel[19], Paul Abell[20], Yukio Yamamoto[5], Satoshi Tanaka[5], Kei Shirai[5], Moe Matsuoka[5], Seiji Sugita[5,7], Tatsuaki Okada[5], Noriyuki Namiki[11], Masahiko Arakawa[4], Masateru Ishiguro[21], Kazunori Ogawa[4], Fuyuto Terui[5], Takanao Saiki[5], Satoru Nakazawa[5], Yuichi Tsuda[5], Hayabusa2 Science Team

1. 名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻、2. オーバン大学、3. 会津大学、4. 神戸大学、5. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6. 宇宙航空研究開発機構 研究開発部門、7. 東京大学、8. 広島大学、9. 東北大学、10. 国立環境研究所、11. 国立天文台、12. 総合研究院大学、13. 千葉工業大学、14. 近畿大学、15. 産業技術総合研究所、16. 高知大学、17. 惑星科学研究所、18. ジョンホプキンス大学、19. コート・ダジュール大学/観測所、20. NASA ジョンソンスペースセンター、21. ソウル大学
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Nagoya University, 2. Auburn University, 3. University of Aizu, 4. Kobe University, 5. ISAS, JAXA, 6. Research and Development Directorate, JAXA, 7. University of Tokyo, 8. Hiroshima University, 9. Tohoku University, 10. National Institute for Environmental Studies, 11. National Astronomical Observatory of Japan, 12. SOKENDAI, 13. Chiba Institute of Technology, 14. Kindai University, 15. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 16. Kochi University, 17. Planetary Science Institute, 18. John Hopkins University, 19. Universite Cote d'Azur, Observatorie de la Cote d'Azur, 20. NASA, Johnson Space Center, 21. Seoul National University

はやぶさ2は2018年6月に地球接近小惑星リュウグウに到着し，高度20 kmもしくはそれ以下の高度からのリモートセンシング観測を行ってきた[1, 2]．また，ローバーMINERVA-IIA，ランダーMASCOTの投下・観測に成功した．はやぶさ2搭載の可視カメラONC-Tの画像から，短期間で信頼できるものを作成するためにSPC[3]とSfM[4] という2つの手法で形状モデルを作成した．両者の比較から，高緯度地域や岩塊周辺を除いて2m以内の精度で形状復元ができていることを確認した[1]．

作成されたSPC形状モデルから得られたリュウグウの全体積は0.377±0.005 km^3であり，2018年8月の重力計測観測から求められた質量は(4.50±0.06) $\times 10^{11}$ kgであった．これより，バルク密度は 1.19±0.03 g cm^{-3} と求められた[1]．これは波長0.7 μmの吸収（水質変成）を持つCgh, Ch型の小惑星のうち質量測定されているもののバルク密度範囲（1.6ー2.4 g cm^{-3}）より有意に低いが，その吸収を持たず非加熱氷小惑星起源の可能性のあるBCG型小惑星（B, Cb, C, Cg型）のバルク密度の測定範囲（0.8ー1.5 g cm^{-3}）とは同程度である[5]．このことは，リュウグウはCb型のスペクトルを持ち，0.7 μmの吸収は見られないことと調和的である[2, 6]．リュウグウ表面には含水鉱物が存在することがNIRS3の分光観測から明らかになった[6]．リュウグウの放

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

射平衡温度は250 K程度とリュウグウ中心圧力（~8 Pa）での氷の昇華温度（230 K）よりも高く，熱拡散時間も地球接近小惑星としての寿命よりずっと短いため，水氷が内部にあるとは考えにくい．ただし，リュウグウが小惑星帯にあった時期に水氷を保持していて，それが抜けたために高空隙率となった可能性はある．

リュウグウの空隙率は，CMコンドライトの粒子密度[7]を仮定すると57ー63%，CIコンドライトOrgueilのそれ[7]を仮定すると50ー52%となる．この空隙率は，ラブルパイル小惑星イトカワ（44±4%）[8, 9]よりも高く，クレーターからの放出では説明できない大きなボルダーが表面に散在することと合わせて，リュウグウがラブルパイル天体であり，より大きな小惑星の破片が再集積してできたことを強く支持する．

はやぶさ2の観測により，リュウグウはいわゆるtop shpaeをもち，顕著な赤道リッジを持つことが明らかになった．地球接近小惑星は地上レーダー観測からいくつもtop shpaeを持つものが見つかっているが，探査機が訪れたのはリュウグウが最初である．OSIRIS-RExが近傍探査しているBennuが2番目だが，リュウグウほど顕著な赤道リッジを持ってはいない．

リュウグウの現在の自転周期は約7.63時間で，中緯度帯が重力ポテンシャルの極小部分となっている．しかし，現在の形状のままリュウグウの自転周期を3.5時間にすると，赤道が重力ポテンシャルの極小となり，重力ポテンシャル面からの表面傾斜は広い範囲で31°程度となることが，明らかになった．これは，かつて高速回転していた時代に遠心力による変形でリュウグウが形成されたことを示唆する．変形は，形成期の再集積時[10]，もしくは後期になってYORP効果などによるスピンアップ時に生じたと考えられる[11]．後者の場合，変形モードは表面地滑りもしくは内部変形が考えられる．表面粒子に大きなサイズ分別が見られないこと，赤道帯が新鮮な物質でできている可能性があることなどは，内部変形モードと調和的である．

NIRS3が観測した近赤外吸収は熱変成/衝撃変性を受けたCI/CMコンドライトと相似性が高い[6]．地上落下隕石に占めるこれら相似な隕石の割合はかなり低い一方，BCG型小惑星は小惑星メインベルトに豊富に存在する．今回，BCG型小惑星リュウグウが，高空隙率で，強度が弱いことが示唆されたが，このような小惑星破片が地球大気圏に突入した場合，破壊され地上に到達しにくいことが予想される．これはBCG型小惑星を母天体とする隕石が少ないことを説明し，惑星間塵にその対応物を探す意義[5]を示していると考える．地球への水・有機物の供給源を考える上で，炭素質の小惑星の組成のみでなく，その強度や内部状態の理解も重要であり，はやぶさ2およびOSIRIS-RExの更なる観測および帰還試料分析が，その鍵を握るはずである．

References: [1] S. Watanabe+ (2019) *Science,* under review, [2] S. Sugita+ (2019) *Science,* under review, [3] R.W. Gaskell+ (2008) *Meteoritics & Planet Sci.,* 43, 1049. [4] R. Szeliski (2010) *Computer Vision: Algorithms and Applications* (Science & Business Media, Springer, New York), [5] P. Vernazza+ (2015) *Astrophys. J.,* 806, 204, [6] K. Kitazato+ (2019) *Science*, under review, [7] R.J. Macke+ (2011) *Meteoritics & Planet Sci.*, 46, 1842, [8] A. Fujiwara+ (2006) *Science* 312, 1330, [9] A. Tsuchiyama+ (2011), *Science*, 333, 1125, [10] P. Michel+ (2001) *Science*, 294, 1696, [11] K. J. Walsh (2018) *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 56, 593.

キーワード：惑星探査、C型小惑星、ラブルパイル天体、はやぶさ2
Keywords: Planetary exploration, C-type asteroids, Rubble-pile objects, Hayabusa2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Results of Hayabusa2 Near Infrared Spectroscopy at Asteroid Ryugu

*岩田 隆浩[1]、北里 宏平[2]、安部 正真[1]、大竹 真紀子[1]、仲内 悠祐[1]、松岡 萌[1]、津村 耕司[3]、松浦 周二[4]、Riu Lucie[1]、NIRS3 チーム
*Takahiro Iwata[1], Kohei Kitazato[2], Masanao Abe[1], Makiko Ohtake[1], Yusuke Nakauchi[1], Moe Matsuoka[1], KOHJI TSUMURA[3], Shuji Matsuura[4], Lucie Riu[1], NIRS3 Team

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 会津大学、3. 東北大学、4. 関西学院大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. The University of Aizu, 3. Tohoku University, 4. Kwansei Gakuin University

The Near Infrared Spectrometer (NIRS3) is installed on the Hayabusa2 spacecraft to observe the target C-type asteroid 162173 Ryugu at near infrared wavelengths of 1.8 to 3.2 μm. It aims to obtain reflectance spectra in order to detect absorption bands of hydrated and hydroxide minerals in the 3 μm-band spectral region. Spectra obtained during the cruising and proximity-operation phases have revealed that the performance of NIRS3, using the newly developed linear-image sensor with indium arsenide (InAs) photodiodes, are good enough as expected from the ground performance tests.
Prior to the touch down of Hayabusa2 on the surface of Ryugu, NIRS3 has completed global observations from the Home Position, where the altitude is about 20 km above the surface. NIRS3 also performed low-altitude observations in several opportunities, such as the separation operation of the small rovers and lander, during which the lowest altitude was less than 30 m. Analyzing the spectra, NIRS3 contributed to estimate the temperature of the asteroid surface. After removing the thermal emission, we successfully detected a weak and narrow absorption feature centered at 2.72 μm, which suggests the existence of hydroxyl (OH)-bearing minerals formed by aqueous alteration. This feature is, however, almost uniform over the whole surface in terms of band depth and position. Additionally, it is remarkable that the albedo of Ryugu is extremely low. These results imply the following hypotheses; 1) dehydration caused by heating or space weathering, or 2) masking effects by dark materials on the surface. We will argue about the inspection of the evolution scenario of Ryugu inferred from the above results.

キーワード：はやぶさ２、リュウグウ、NIRS3、含水鉱物
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, NIRS3, hydrated mineral

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はやぶさ２SCI/DCAM3による人工クレーターの形成と観測
Impact experiment on asteroid Ryugu by Small-Carry on impactor of Hayabusa-2 and observation of the impact ejecta by a Deployable CAMera-3

*荒川 政彦[1]、佐伯 孝尚[2]、門野 敏彦[3]、高木 靖彦[4]、和田 浩二[5]、飯島 祐一[2]、今村 裕志[2]、岡本 千里[1]、嶌生 有理[2]、白井 慶[2]、中澤 暁[2]、早川 雅彦[2]、平田 成[6]、矢野 創[2]、澤田 弘崇[2]、小川 和律[1]、石橋 高[5]、木村 宏[5]、小林 正規[5]、坂谷 尚哉[2]、早川 基[2]、本田 理恵[7]、杉田 精司[8]、諸田 智克[9]、亀田 真吾[10]、巽 瑛理[8]、本田 親寿[6]、横田 康弘[2]、神山 徹[11]、山田 学[5]、鈴木 秀彦[12]、吉岡 和夫[13]、長 勇一郎[8]、松岡 萌[2]
*Masahiko Arakawa[1], Takanao Saiki[2], Toshihiko Kadono[3], Yasuhiko Takagi[4], Koji Wada[5], Yu-ichi Iijima[2], Hiroshi Imamura[2], Chisato Okamoto[1], Yuri Shimaki[2], Kei Shirai[2], Satoru Nakazawa[2], Masahiko Hayakawa[2], Naru Hirata[6], Hajime Yano[2], Hirotaka Sawada[2], Kazunori Ogawa[1], Ko Ishibashi[5], Hiroshi Kimura[5], Masanori Kobayashi[5], Naoya Sakatani[2], Hajime Hayakawa[2], Rie Honda[7], Seiji Sugita[8], Tomokatsu Morota[9], Shingo Kameda[10], ERI TATSUMI[8], Chikatoshi Honda[6], yokota yasuhiro[2], Toru Kouyama[11], Manabu Yamada[5], Hidehiko Suzuki[12], Kazuo Yoshioka[13], Yuichiro Cho[8], Moe Matsuoka[2]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 産業医科大学医学部、4. 愛知東邦大学 、5. 千葉工業大学惑星探査研究センター 、6. 会津大学　コンピュータ理工学部 、7. 高知大学自然科学系理工学部門 、8. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻 、9. 名古屋大学大学院環境学研究科 、10. 立教大学理学部 、11. 産業技術総合研究所 、12. 明治大学理工学部物理学科 、13. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 3. University of Occupational and Environmental Health, 4. Aichi Toho University, 5. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 6. Dep. of Computer Science and Engineering, Univ. of Aizu, 7. Department of Science and Technology, System of Natual Science, Kochi University, 8. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science Sciece, The University of Tokyo, 9. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 10. School of Science, Rikkyo University, 11. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 12. Department of physics, Meiji university, 13. Graduate School of frontier Science, The University of Tokyo

A small carry-on impactor (SCI) equipped on Hayabusa2 is scheduled to be propelled toward to the surface of asteroid Ryugu this spring. Cratering process on Ryugu made by the impactor will simultaneously observed by a deployable camera 3 (DCAM3) detached from Hayabusa2. The mission objective of the impactor is to excavate the asteroid to expose a subsurface material as ejecta deposits around the crater. Thus, not only it enables us to give a good opportunity for obtaining a fresh or subsurface material by a sampler system, remote sensing instruments such as ONC, TIR, NIRS3 onboard Hayabusa2 will also have a good chance to observe the exposed subsurface material. Furthermore, this impact experiment on Ryugu is also a rare opportunity to verify the crater scaling law in the microgravity environment on the real asteroid materials, and is expected to enable us to improve the conventional scaling law, especially for the crater size and the ejecta velocity distribution.

After arrival at Ryugu, the surface morphology observation through remote sensing has turned out that a plenty of boulders cover throughout the surface, and many of the boulders are larger than 10 m. These boulders are distributed almost uniformly and the size frequency distribution of the boulders is a power law distribution with the power law index around -1, indicating relatively large boulders are dominant on

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

the surface. Therefore, taking into account that the precision of an actual impact point toward an aiming point expands several 10 m, the impactor possibly collides with a large boulder, otherwise with small boulders having the power law size distribution, wherever the impactor would aim at on the surface of Ryugu. If the impactor collides with a large boulder, a crater should be formed in the strength regime, and if the impactor collides into a finer-boulder area, a crater will be formed in the gravity regime. The DCAM3 was designed for the observation of not only the impact cratering in the strength regime but also that in the gravity regime.

We believe that we will success to observe impact ejecta induced by the impactor when the SCI and DCAM3 operations are conducted as scheduled. We are planning to present a first report of the DCAM3 observation in this talk, and discuss how to search the impact point on the Ryugu surface using the DCAM3 images, beforehand the onboard imaging instruments. Moreover, the morphology of the ejecta curtain imaged by DCAM3 will bring us a lot of information about the crater formation process. We report the surface condition around the impact point, such as a large block or a small-boulders area, and an excavated area corresponding to the crater size. The DCAM3 will also observe individual dusts in the ejecta curtain to obtain information of the ejecta velocity distribution, so that we may have a chance to introduce these images. However, please note that this presentation strongly depends on the success of the SCI/DCAM3 operation.

キーワード：小惑星リュウグウ、衝突実験、小型衝突装置、分離カメラ、ラブルパイル天体
Keywords: Asteroid Ryugu, Impact Experiment, Small carry-on impactor, Deployable camera3, Rubble pile body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サイズ分布をもつガラスビーズ層へのクレーター形成実験：小惑星Ryuguのクレーター形成過程の解明

Impact cratering experiments on glass beads with bead size frequency distribution: Implications for cratering process on asteroid Ryugu

*保井 みなみ[1]、荒川 政彦[1]、長谷川 直[2]、山本 裕也[1]、杉村 瞭[1]
*Minami Yasui[1], Masahiko Arakawa[1], Sunao Hasegawa[2], Yuya Yamamoto[1], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学大学院理学研究科、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Graduate School of Science, Kobe University, 2. ISAS, JAXA

探査機はやぶさ２によって，小惑星Ryugu上には直径100mオーダーの巨大衝突クレーターは観察されているが，数m以下の衝突クレーターが非常に少ないことがわかっている．この原因の１つに，小さなクレーターが形成されない表面環境をRyuguが持っているということが挙げられる．Ryuguの表面は，ほぼ全ての領域において，岩石物質の衝突破壊実験で得られる衝突破片に似たベキ乗のサイズ頻度分布を持つ岩塊で覆われている[1] このような表層に衝突が起こった場合，衝突体である小天体がそれよりも大きなサイズの岩塊に衝突すると，その岩塊が破壊され，クレーターが形成されにくくなることが考えられる．弾丸より大きなサイズの標的粒子を用いた先行研究はいくつかあり，弾丸と標的粒子のサイズ比が大きくなるほど，クレーターサイズが小さくなることが報告されている[e.g., 2]．しかし，Ryuguを始めとした小惑星上の岩塊サイズ頻度分布を持つ標的を用いたクレーター実験の例はない．そこで本研究では，サイズ頻度分布をもつ粒子層に対するクレーター形成実験を行い，粒子層のサイズ頻度分布とクレーターサイズの関係を調べ，クレーター形成効率が低下する条件を明らかにした．

実験は，神戸大学に設置された縦型一段式軽ガス銃と，宇宙科学研究所に設置された縦型二段式軽ガス銃を用いた．標的には直径0.1, 1, 3, 10 mmのガラスビーズを用いて，2種類の単一ビーズ層（0.1 mmと3 mm）と2種類の混合ビーズ層（0.1-10 mmの4種混合と1-10 mmの3種混合）を用意した．宇宙科学研究所で行った実験は4種混合のみ用いた．混合ビーズ層の各ビーズの質量は等量である．神戸大学では直径2 mmまたは3 mmの鉄球を弾丸とし，衝突速度は53～181 m/sとした．宇宙科学研究所では直径1 mmのアルミ球を弾丸とし，衝突速度は1.2～4.4 km/sとした．衝突の様子は高速カメラで撮影し，弾丸の跳ね返りやビーズが飛散する様子を観察した．

衝突の様子を調べたところ，単一ビーズ層では弾丸が標的ビーズより大きい場合（0.1 mm）は，円錐形に放射状のエジェクタカーテンが確認された．弾丸が標的ビーズより小さい場合（3mm）は，無傷のビーズがより低速で噴出する様子が確認された．混合ビーズ層では，4種混合の場合は0.1 mmビーズが他のビーズの隙間を通って，靄状に噴出する様子が確認された．また，両混合層ともにほとんどの場合において，弾丸が跳ね返る様子が確認された．さらに，10 mmビーズに弾丸が衝突した場合，エジェクタの量が極端に少なくなることがわかった．形成されたクレーターを観察したところ，単一ビーズ層は逆円錐形のクレーターが形成され，非常に浅いことがわかった．一方，混合ビーズ層はリムがはっきりと確認できず，クレーター内部には10 mmビーズが多数埋もれているのが確認できた．

このクレーターサイズをノギスで計測し，クレータースケール則に適応した．クレータースケール則は規格化クレーター半径π_R（$=R(\rho/m)^{1/3}$でRはクレーター半径，ρは標的密度，mは弾丸質量）と規格化重力π_2（$=ga/U^2$でgは重力加速度，aは弾丸半径，Uは衝突速度）を用いて，$\pi_R=a\cdot\pi_2^{-b}$と表される．実験の結果，単一0.1 mmビーズ層が最も規格化半径が大きくなり，単一3 mmビーズ層と混合ビーズ層（10 mmビーズに衝突しない場合）が0.1 mmビーズ層に比べて約0.9倍になることがわかった．さらに，混合ビーズ層で弾丸が10 mmビーズに衝突した場合は，約0.7倍になることがわかった．

今回の実験では，単一0.1 mmビーズ層のスケール則（a=0.58, b=0.21）を用いて，他の標的のスケール則を説明する改良型スケール則を構築することができた．今回，弾丸が跳ね返る様子が確認されたことから，弾丸が3 mmビーズまたは10 mmビーズに衝突して運動量が輸送され，3 mmビーズまたは10 mmビーズがより

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低速で標的に潜り込み，クレーター孔を形成するという仮定を用いて，弾丸の反発係数と運動量保存則を用いたクレーター則を構築した．その結果，3 mmビーズ，10 mmビーズのどちらのビーズに衝突したと仮定した場合でも，反発係数が0.5-1の範囲に本研究の結果が分布することがわかった．

[1] 坂谷他，第２回水惑星学全体会議，神戸大学，2018年12月．[2] Tatsumi & Sugita，Icarus 300, 227-248, 2018.

キーワード：クレーター形成過程、小惑星、岩塊、サイズ頻度分布、クレータースケール則
Keywords: cratering mechanism, asteroids, boulders, size frequency distribution, crater scaling law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhancement of impact heating in strength-supported media

*黒澤 耕介[1]、玄田 英典[2]、脇田 茂[2]、Thomas Davison[3]、兵頭 龍樹[2]、中村 智樹[4]
*Kosuke Kurosawa[1], Hidenori Genda[2], Shigeru Wakita[2], Thomas M Davison[3], Ryuki Hyodo[2], Tomoki Nakamura[4]

1. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、2. 東京工業大学　地球生命研究所、3. Department of Earth Science & Engineering, Imperial College London、4. 東北大学 地球惑星物質科学科・地学専攻
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Department of Earth Science & Engineering, Imperial College London, 4. Department of Earth Science, Tohoku University

Hypervelocity mutual collisions between small bodies, which include the asteroid Ryugu,occur throughout the history of the solar system. A strong compression and thermal pulse caused by an impact can produce various unique features, such as a change in spectral properties, mosaicism, planer deformation features, high-pressure minerals, atomic diffusion, volatile loss, shock veins, impact melt, and so on. We can obtain these features in samples returned from Ryugu, collected by the Hayabusa2 spacecraft. When we have a reliable model connecting the degree of shock metamorphism with the impactor/target conditions, we can reveal the impact history of Ryugu more correctly.

Frequently, the table from Stöffler et al. (1991, 2018) is used to deduce the shock stage of meteorites using observed shock features, which are subsequently used to infer impact velocities on target bodies. Recently, Kurosawa and Genda (2018) reported that the degree of heating in low-velocity impacts (<10 km/s) is expected to be much higher than previously expected. This is caused by the irreversible heating during plastic deformation against material strength. Low-velocity impacts do not produce large-scale impact melting, but trigger a comminution of both impactor and target materials. Although the materials experiencing compression do not have a tensile strength, they still have a compressive one. Thus, the required impact velocities for producing the unique features produced mainly by the rise in temperature is greatly lowered as shown by Kurosawa and Genda (2018). Another work also confirmed the importance of plastic deformation during impacts to a target embedding hydrous minerals (Wakita and Genda 2019). The experienced temperature at a given shock stage defined by Stöffler’s table would be revised to somewhat higher temperatures, which would mean that impact histories derived from shock features using the previous table would need to be revised. For example, the target bodies are likely to experience many fewer high-speed energetic impacts than previously expected.

We are planning to revise the Stöffler’s table by using the state-of-the-art numerical shock physics code, iSALE, which includes both recent equation-of-state (EOS) models and various constitutive models. The Hayabusa2 spacecraft is planning to return to Earth with Ryugu samples in 2020. The revised table would largely help to reproduce the impact history of Ryugu.

In the presentation, we will introduce the work done by Kurosawa and Genda (2018) using the iSALE-2D model and will present some preliminary results from the three-dimensional (3D) model. We newly investigated the effects of impact obliquity using iSALE-3D. As a preliminary result, the enhancement of the impact heating in strength-supported media at oblique impacts becomes larger than the case at vertical impacts to the tangent plane. Although it is widely accepted that the degree of heating correlates well with the vertical component of the impact velocity, our preliminary results show that oblique impacts (45-degrees) produce nearly the same amount of heated volume as vertical impacts do. We are also going to discuss the strategy for reproducting Ryugu’s impact history.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Acknowledgement: We appreciate the developers of iSALE, including G. Collins, K. Wünnemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausen.

キーワード：衝突、衝突加熱、数値衝突計算、リュウグウの衝突史
Keywords: Hypervelocity impacts, Impact heating, Shock physics code, Ryugu’s impact history

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global Thermal Inertia and Surface Roughness of Asteroid 162173 Ryugu by TIR on Hayabusa2

*嶌生 有理[1]、千秋 博紀[2]、坂谷 尚哉[1]、岡田 達明[1,3]、福原 哲哉[4]、田中 智[1]、田口 真[4]、荒井 武彦[5]、出村 裕英[6]、小川 佳子[6]、須古 健太郎[6]、関口 朋彦[7]、神山 徹[8]、滝田 隼[9]、松永 恒雄[10]、今村 剛[3]、和田 武彦[1]、長谷川 直[1]
*Yuri Shimaki[1], Hiroki Senshu[2], Naoya Sakatani[1], Tatsuaki Okada[1,3], Tetsuya Fukuhara[4], Satoshi Tanaka[1], Makoto Taguchi[4], Takehiko Arai[5], Hirohide Demura[6], Yoshiko Ogawa[6], Kentaro Suko[6], Tomohiko Sekiguchi[7], Toru Kouyama[8], Jun Takita[9], Tsuneo Matsunaga[10], Takeshi Imamura[3], Takehiko Wada[1], Sunao Hasegawa[1]

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、2. 千葉工業大学、3. 東京大学、4. 立教大学、5. 足利大学、6. 会津大学、7. 北海道教育大学、8. 産業技術総合研究所、9. 北海道北見北斗高校、10. 国立環境研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Chiba Institute of Technology, 3. University of Tokyo, 4. Rikkyo University, 5. Ashikaga University, 6. University of Aizu, 7. Hokkaido University of Education, 8. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 9. Hokkaido Kitami Hokuto High School, 10. National Institute for Environmental Studies

Thermal infrared imager TIR onboard the Hayabusa2 spacecraft acquired thermal images of the asteroid 162173 Ryugu for one asteroid rotation during Mid-altitude operation on August 1, 2018, with around 5 m/pixel resolution. The thermal images were converted to brightness temperature maps on a shape model based on the ground tests, then temperature profiles of the surface of Ryugu were obtained. For comparison, thermal calculations by a thermophysical model without roughness using the shape model (TPM1) and by one with roughness using fractal rough surfaces (TPM2) were carried out.

Thermal images by TIR reveled that the surface of Ryugu showed ubiquitously high temperature above 300 K, and its temperature profile showed flat pattern at noon. Thermal calculations by TPM1 did not reproduce observed temperature profiles. By comparing maximum temperatures by TIR with those by TPM1, thermal inertia of Ryugu was estimated to be around 160 in MKS unit and reached maximum at the equatorial ridge. By contrast, thermal calculations by TPM2 successfully created flat temperature profile at noon for various thermal inertia and surface roughness. The temperature profiles were fitted by 4-order function to characterize its pattern. A multi linear regression analysis was carried out to estimate thermal inertia and surface roughness from the fitting coefficients. From the regression equations and fitting coefficients by observed temperature profiles, thermal inertia and surface roughness of Ryugu were estimated. Since the estimation is strongly affected by surface tilt angle of a polygon on a shape model, we carried out tilt angle corrections. Finally, thermal inertia of Ryugu by TPM2 was estimated to be around 330 in MKS unit and showed little variation in latitude, and with moderate homogeneous surface roughness. Thermal inertia of Ryugu determined in this study by two TPMs are consistent with that determined by ground observations. Our results suggest that thermal inertia of Ryugu is consistent with that of boulders, indicating porous nature of the boulders widely distributed on Ryugu.

キーワード：Hayabusa2、Thermal Infrared Imager、Asteroid Ryugu
Keywords: Hayabusa2, Thermal Infrared Imager, Asteroid Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Olivier Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[PPS03-07] Asteroid Ryugu's parent body and its properties inferred from Haybusa2 multi-band imaging observations

★Invited Papers

*杉田 精司[1,6]、本田 理恵[2]、諸田 智克[3]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[1]、本田 親寿[7]、横田 康弘[2,5]、神山 徹[8]、坂谷 尚哉[5]、山田 学[6]、鈴木 秀彦[10]、吉岡 和夫[1]、長 勇一郎[1]、松岡 萌[5]、小川 和律[9]、Domingue Deborah[11]、宮本 英昭[1]、Barnouin Olivier[12]、Michel Patrick[13]、Ernst Carolyn[12]、渡邊 誠一郎[3]、津田 雄一[5] (1.東京大学、2.高知大学、3.名古屋大学、4.立教大学、5.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6.千葉工業大学 惑星探査センター、7.会津大学、8.産総研、9.神戸大学、10.明治大学、11.惑星科学研究所、12.ジョンズホプキンス大学 応用物理学研究所、13.ニース天文台)

14:00 ~ 14:15

[PPS03-08] 小惑星リュウグウにおける表面赤化と層序

*諸田 智克[1]、長 勇一郎[2]、金丸 仁明[3]、本田 理恵[4]、亀田 真吾[5]、巽 瑛理[2]、横田 康弘[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、山田 学[9]、坂谷 尚哉[6]、本田 親寿[10]、早川 雅彦[6]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[6]、道上 達広[11]、宮本 英昭[2]、菊地 紘[2]、逸見 良道[2]、平林 正稔[12]、平田 直之[13]、平田 成[10]、Ernst Carolyn[14]、Barnouin Olivier[14]、澤田 弘崇[6]、杉田 精司[2] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.大阪大学、4.高知大学、5.立教大学、6.宇宙航空研究開発機構、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.千葉工業大学、10.会津大学、11.近畿大学、12.オーバーン大学、13.神戸大学、14.ジョンズホプキンス大学)

14:15 ~ 14:30

[PPS03-09] Preliminary report on global distribution visible spectra of asteroid Ryugu based on clustering

*本田 理恵[1]、横田 康弘[1,2]、巽 瑛理[3]、Barucci Antonella[12]、Perna Davide[13]、松岡 萌[2]、Domingue Deborah[14]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[6]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[7]、LeCorre Lucille[14]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、山本 幸生[2]、平田 成[7]、平田 直之[8]、中村 智樹[9]、廣井 孝弘[11]、澤田 弘崇[2]、藤井 祐貴[1]、杉田 精司[3]、林 諒[1] (1.高知大学、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.東京大学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.明治大学、7.会津大学、8.神戸大学、9.東北大学、10.千葉工業大学、11.ブラウン大学、12.Paris Observatory、13.National Institute for Astrophysics、14.Planetary Science Institute、15.産業技術総合研究所)

14:30 ~ 14:45

[PPS03-10] Visible spectra of small bright spots on asteroid 162173 Ryugu

*杉本 知穂[1]、巽 瑛理[1]、長 勇一郎[1]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、本田 親寿[9]、小川 和律[10]、Deborah Domingue[11]、Patrick Michel[12]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.高知大

学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.千葉工業大学、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.会津大学、10.神戸大学、11.惑星科学研究所、12.ニース天文台)

14:45 ~ 15:00

[PPS03-11] Geomorphological characteristics of asteroid Ryugu: implications to its evolutional history

*宮本 英昭[1]、逸見 良道[1]、菊地 紘[1]、小松 吾郎[2]、本田 親寿[3]、道上 達広[4]、諸田 智克[5]、長 勇一郎[1]、バーノイン オリビエ[6]、佐々木 晶[7]、平田 成[3]、平田 直之[8]、本田 理恵[10]、亀田 真吾[11]、巽 瑛理[1]、横田 康弘[12]、神山 徹[13]、鈴木 秀彦[14]、山田 学[15]、坂谷 尚哉[12]、早川 雅彦[12]、吉岡 和夫[1]、松岡 萌[12]、平林 正稔[9]、澤田 弘崇[12]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.ダヌンツィオ大学、3.会津大学、4.近畿大学、5.名古屋大学、6.ジョンズホプキンス大学、7.大阪大学、8.神戸大学、9.オーバーン大学、10.高知大学、11.立教大学、12.宇宙科学研究所、13.産業総合研究所、14.明治大学、15.千葉工業大学)

15:00 ~ 15:15

[PPS03-12] リュウグウ画像テクスチャー解析によるサブメートルスケールのボルダー全球分布解析

*田辺 直也[1]、長 勇一郎[1]、巽 瑛理[1]、諸田 智克[4]、本田 親寿[9]、道上 達広[11]、Patrick Michel[12]、Carolyn Ernst[13]、Olivier Barnouin[13]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2,3]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、小川 和律[10]、杉田 精司[1] (1.東京大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.高知大学、4.名古屋大学、5.立教大学、6.千葉工業大学 惑星探査センター、7.産業技術総合研究所、8.明治大学、9.会津大学、10.神戸大学、11.近畿大学、12.ニース天文台、13.ジョンズホプキンス大学応用物理学研究所)

Asteroid Ryugu's parent body and its properties inferred from Haybusa2 multi-band imaging observations

*杉田 精司[1,6]、本田 理恵[2]、諸田 智克[3]、亀田 真吾[4]、巽 瑛理[1]、本田 親寿[7]、横田 康弘[2,5]、神山 徹[8]、坂谷 尚哉[5]、山田 学[6]、鈴木 秀彦[10]、吉岡 和夫[1]、長 勇一郎[1]、松岡 萌[5]、小川 和律[9]、Domingue Deborah[11]、宮本 英昭[1]、Barnouin Olivier[12]、Michel Patrick[13]、Ernst Carolyn[12]、渡邊 誠一郎[3]、津田 雄一[5]
*Seiji Sugita[1,6], Rie Honda[2], Tomokatsu Morota[3], Shingo Kameda[4], ERI TATSUMI[1], Chikatoshi Honda[7], yokota yasuhiro[2,5], Toru Kouyama[8], Naoya Sakatani[5], Manabu Yamada[6], Hidehiko Suzuki[10], Kazuo Yoshioka[1], Yuichiro Cho[1], Moe Matsuoka[5], Kazunori Ogawa[9], Deborah Domingue[11], Hideaki Miyamoto[1], Olivier Barnouin[12], Patrick Michel[13], Carolyn Ernst[12], Sei-ichiro WATANABE[3], Yuichi Tsuda[5]

1. 東京大学、2. 高知大学、3. 名古屋大学、4. 立教大学、5. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、6. 千葉工業大学 惑星探査センター、7. 会津大学、8. 産総研、9. 神戸大学、10. 明治大学、11. 惑星科学研究所、12. ジョンズホプキンス大学 応用物理学研究所、13. ニース天文台
1. University of Tokyo, 2. Kochi University, 3. Nagoya University, 4. Rikkyo University, 5. JAXA/ISAS, 6. Chiba Institute of Technology, PERC, 7. University of Aizu, 8. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 9. Kobe University, 10. Meiji University, 11. Planetary Science Institute, 12. Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory, 13. Observatoire de la Coˆte d’Azur

JAXA’s Hayabusa2 has conducted global observations of Ryugu and revealed many important properties of Ryugu, such as Cb-type average spectrum, the lack of a strong 0.7-um absorption, very low 0.55-um geometric albedo (4.5+/-0.2) %, and very young (< a few Myr) crater retention age for small craters (>10m).

The Cb-type spectrum of Ryugu is consistent with Eulalia and Polana families in the inner main belt, which are dynamically most probable source families. This agreement between the prediction from dynamic calculations and spectral observations suggests that one of the two asteroids is likely Ryugu’s parent body. These families are among the most widely dispersed C-complex families in the inner main belt, allowing to deliver family members at very high flux rate to the resonance zones (nue6 and 3:1) at both inner and outer boundaries of the inner main belt, which are the dominant source of near-Earth objects (NEOs).

Furthermore, high abundance of boulders are found on Ryugu. Evidence for mass wasting indicates mechanically unconsolidated surfaces, allowing surface boulders to move easily. The morphologies of impact craters on Ryugu are consistent with gravity-regime formation, in which impact events produce large ejecta masses. These suggest that large mass of boulders and pebbles can be ejected from Ryugu to space over time.

Consequently, a large mass of Ryugu-like macroscopic objects would enter Earth’s atmosphere, suggesting the presence of counterparts in our meteorite collection. Among such candidates is moderately dehydrated carbonaceous chondrites, which have both very low albedo and flat spectra. They are also found with high abundance in Antarctica, which may represent the long-term average flux of infalling meteorites on Earth. Another is interplanetary dust particles (IDPs), which also have low albedos and account for large influx of extraterrestrial materials to Earth. Although a decisive conclusion may not be obtained before the analysis of Ryugu samples returned to Earth, currently available observational

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

evidence, such as high boulder abundance on Ryugu, favors that its composition may be similar to moderately dehydrated carbonaceous chondrites. This would further suggest that Ryugu’s relatively low abundance of hydrated minerals may be due to partial dehydration on Ryugu’s parent body.

キーワード：はやぶさ２、リュウグウ、太陽系進化
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, The evolution of the solar system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星リュウグウにおける表面赤化と層序
REDDENING PROCESS OF THE RYUGU SURFACE BASED ON THE CRATER SIZE-FREQUENCY DISTRIBUTION

*諸田 智克[1]、長 勇一郎[2]、金丸 仁明[3]、本田 理恵[4]、亀田 真吾[5]、巽 瑛理[2]、横田 康弘[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、山田 学[9]、坂谷 尚哉[6]、本田 親寿[10]、早川 雅彦[6]、吉岡 和夫[2]、松岡 萌[6]、道上 達広[11]、宮本 英昭[2]、菊地 紘[2]、逸見 良道[2]、平林 正稔[12]、平田 直之[13]、平田 成[10]、Ernst Carolyn[14]、Barnouin Olivier[14]、澤田 弘崇[6]、杉田 精司[2]
*Tomokatsu Morota[1], Yuichiro Cho[2], Masanori Kanamaru[3], Rie Honda[4], Shingo Kameda[5], ERI TATSUMI[2], yokota yasuhiro[6], Toru Kouyama[7], Hidehiko Suzuki[8], Manabu Yamada[9], Naoya Sakatani[6], Chikatoshi Honda[10], Masahiko Hayakawa[6], Kazuo Yoshioka[2], Moe Matsuoka[6], Tatsuhiro Michikami[11], Hideaki Miyamoto[2], Hiroshi Kikuchi[2], Ryodo Hemmi[2], Masatoshi Hirabayashi[12], Naoyuki Hirata[13], Naru Hirata[10], Carolyn Ernst[14], Olivier Barnouin[14], Hirotake Sawada[6], Seiji Sugita[2]

1. 名古屋大学、2. 東京大学、3. 大阪大学、4. 高知大学、5. 立教大学、6. 宇宙航空研究開発機構、7. 産業技術総合研究所、8. 明治大学、9. 千葉工業大学、10. 会津大学、11. 近畿大学、12. オーバーン大学、13. 神戸大学、14. ジョンズホプキンス大学
1. Nagoya University, 2. The University of Tokyo, 3. Osaka University, 4. Kochi University, 5. Rikky University, 6. JAXA, 7. AIST, 8. Meiji University, 9. Chiba Institute of Technology, 10. The University of Aizu, 11. Kindai University, 12. Auburn University, 13. Kobe University, 14. Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory

The Hayabusa2 has acquired the high-resolution images and spectra of the Ryugu surface. Although the Ryugu surface has almost homogeneous reflectance and color at the macro scale, the regional variation in the spectral slope is observed by the telescopic optical navigation camera (ONC-T). The redder materials of the Ryugu surface seem to cover bluer materials. Some small craters excavate the red materials on the surface and penetrate the underlying blue materials, suggesting that the craters are younger than the reddening of the surface (space weathering or deposition of red materials). In this study, we performed the crater size-frequency measurements on the Ryugu surface using the ONC image data to constrain the surface age of the Ryugu and the age of reddening event or the timescale of reddening process of the Ryugu surface.
To identify the craters excavating the red materials we used the b-x slope images calculated from multi-band images obtained in the Mid-altitude operation. We identified 15 craters excavating the red materials. These craters have diameters from 10 to 50 m, suggesting that the thickness of the red material layer is less than 1 m.
The cratering chronology models of asteroids have been numerically calculated from the collision rate with other asteroids and scaling laws for crater formation. In this study, we used the intrinsic collision probabilities Pi for the main belt and the NEAs, the population models of the main belt asteroids and NEAs, the mean impact velocities for the main belt (5.3 km/s) and the NEAs (18 km/s), and the new Pi–scaling law developed by Tatsumi and Sugita to develop the cratering chronology model of Ryugu. Because little is known about the bulk strength of materials on Ryugu, we examined two cases (i) the strengthless target (Y = 0 MPa) and (ii) the strength for dry soil (Y = 0.18 MPa).
The density of large craters (D>100 m) on Ryugu is lower than the empirical saturation level and its slope is steeper than that of the saturated distribution, suggesting that craters larger than 100 m are not saturated and the size distribution reflects the crater production function. However, craters smaller than 100 m are significantly under-saturated, suggesting that some crater erasure processes such as seismic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

shaking and armoring effect are active on the Ryugu surface. Based on cratering chronology model for the main belt, the surface age of Ryugu is estimated to be 5–200 Ma from the size–frequency distribution of craters larger than 100 m.
The observed frequency of craters penetrating the underlying blue materials is ~1/50 of that of craters found on the whole Ryugu. The model age of the reddening is estimated to be 0.1–4 Ma based on the main-belt chronology model and 4–160 Ma based on the NEA chronology model. The NEA model age is roughly close to the median dynamical lifetime of NEAs (~10 Ma), suggesting that the reddening of the Ryugu surface may have some connect with the orbital transition from the main belt to near Earth orbit.

キーワード：はやぶさ２、小惑星リュウグウ、クレータ
Keywords: Hayabusa2, Ryugu, crater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary report on global distribution visible spectra of asteroid Ryugu based on clustering

*本田 理恵[1]、横田 康弘[1,2]、巽 瑛理[3]、Barucci Antonella[12]、Perna Davide[13]、松岡 萌[2]、Domingue Deborah[14]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[6]、山田 学[10]、坂谷 尚哉[2]、本田 親寿[7]、LeCorre Lucille[14]、早川 雅彦[2]、吉岡 和夫[3]、長 勇一郎[3]、山本 幸生[2]、平田 成[7]、平田 直之[8]、中村 智樹[9]、廣井 孝弘[11]、澤田 弘崇[2]、藤井 祐貴[1]、杉田 精司[3]、林 諒[1]
*Rie Honda[1], Yasuhiro Yokota[1,2], Eri Tatsumi[3], Antonella Barucci[12], Davide Perna[13], Moe Matsuoka[2], Deborah Domingue[14], Tomokatsu Morota[4], Shingo Kameda[5], Toru Kouyama[15], Hidehiko Suzuki[6], Manabu Yamada[10], Naoya Sakatani[2], Chikatoshi Honda[7], Lucille LeCorre[14], Masahiko Hayakawa[2], Kazuo Yoshioka[3], Yuichiro Cho[3], Yukio Yamamoto[2], Naru Hirata[7], Naoyuki Hirata[8], Tomoki Nakamura[9], Takahiro Hiroi[11], Hirotaka Sawada[2], Yuki Fujii[1], Seiji Sugita[3], Ryo Hayashi[1]

1. 高知大学、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 東京大学、4. 名古屋大学、5. 立教大学、6. 明治大学、7. 会津大学、8. 神戸大学、9. 東北大学、10. 千葉工業大学、11. ブラウン大学、12. Paris Observatory、13. National Institute for Astrophysics、14. Planetary Science Institute、15. 産業技術総合研究所
1. Kochi University, 2. ISAS/JAXA, 3. University of Tokyo, 4. Nagoya University, 5. Rikkyo University, 6. Meiji University, 7. Aizu University, 8. Kobe University, 9. Tohoku University, 10. Chiba Institute of Technology, 11. Brown University, 12. Paris Observatory, 13. INAF, 14. Planetary Science Institute, 15. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Preliminary result of global distribution of visible spectra of asteroid Ryugu derived from multi-band images obtained by ONC-T onboard Hayabuasa 2 is presented.
The ONC-T is a telescopic charge-coupled-device (CCD) camera with a 6.27˚ ×6.27˚ field of view (FOV) , having a 1024 pixels x 1024 pixels sensor and seven narrow band filters ranging from 395nm and 950nm and one wide-band filter. Images obtained by ONC-T are spatially aligned and converted into seven-band visible spectra (reflectance factor).

The spectra are clustered, and the obtained cluster id are shown on the global map. As the method of clustering, k-means++, x-means, gaussian mixture model via EM are tested for synthetized data and x-means is selected since this method is stable to obtain a suitable number of components.

The obtained spectra are divided into seven to nine groups depending the slope of the spectra. Flat spectrum group is distributed around the equatorial ridge, the redder and darker groups are in the southern hemisphere and the relatively bright and bluer spectra are observed at the polar region, in particular at Otohime Saxum. The distribution of these spectra groups appears to indicate the surface history such as space weathering and erosion and the supply from different sources.

キーワード：小惑星、リュウグウ、可視、はやぶさ２、スペクトル、クラスタリング
Keywords: asteroid, Ryugu, visible, Hayabusa2, spectra, clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Visible spectra of small bright spots on asteroid 162173 Ryugu

*杉本 知穂[1]、巽 瑛理[1]、長 勇一郎[1]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、諸田 智克[4]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、本田 親寿[9]、小川 和律[10]、Deborah Domingue[11]、Patrick Michel[12]、杉田 精司[1]
*Chiho Sugimoto[1], Eri Tatsumi[1], Yuichiro Cho[1], Kazuo Yoshioka[1], Hirotaka Sawada[2], Yasuhiro Yokota[2], Naoya Sakatani[2], Masahiko Hayakawa[2], Moe Matsuoka[2], Rie Honda[3], Tomokatsu Morota[4], Shingo Kameda[5], Manabu Yamada[6], Toru Kouyama[7], Hidehiko Suzuki[8], Chikatoshi Honda[9], Kazunori Ogawa[10], Deborah Domingue[11], Patrick Michel[12], Seiji Sugita[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 高知大学、4. 名古屋大学、5. 立教大学、6. 千葉工業大学、7. 産業技術総合研究所、8. 明治大学、9. 会津大学、10. 神戸大学、11. 惑星科学研究所、12. ニース天文台
1. University of Tokyo, 2. JAXA/ISAS, 3. Kochi University, 4. Nagoya University, 5. Rikkyo University, 6. Chiba Institute of Technology, 7. AIST, 8. Meiji University, 9. University of Aizu, 10. Kobe University, 11. Planetary Science Institute, 12. Nice Observatory

The Optical Navigation Camera (ONC) onboard the Hayabusa2 spacecraft has obversed asteroid 162173 Ryugu at various scales and found that Ryugu has a uniform spectrum in km-scale and that boulders exhibit a range of albedo (0.89 –1.3 times of the surface average) and spectra [1]. Higher resolution images taken during descent operations revealed the presence of bright spots, which are typically much brighter than the brightest large boulders. Brightness variation may reflect differences in composition, thermal alteration, or space weathering maturity. Such materials would follow spectral trends seen on other materials on Ryugu. In fact, brightest boulders are the end-members in reflectance/slope statistics and Principal Component Analysis (PCA) of boulders on Ryugu. If bright spots are fragments of the parent body at the origin of Ryugu, they may correspond to the fresher components of the boulder population constituting Ryugu, contributing to the spectral variety observed on the asteroid. In contrast, it is also possible that Ryugu contains materials of exogenous origin. In that case, the spectra of bright spots should not follow the spectral trends observed for other materials on Ryugu and should rather be consistent with the spectra of asteroids found in the inner main belt. In either case, bright spots will help us place important constraints on to the formation and evolution of Ryugu.

In this study, we analyzed the brightest spots whose reflectance is ≧ 1.7 times the reflectance global average. The dimensions of these sports are very small: ≦ 3 m. The spectra of these brightest spots were extracted from I/F images taken at altitudes of Hayabusa2 between 100 and 500 m (i.e., low-altitude descent observations) and 3 –4 km (hovering operation after MASCOT deployment) and were compared with meteorite spectra. As for low altitude images, we conducted a photometric correction because the rotation of Ryugu results in a several degrees phase angle gap between different filters. The spectra of meteorites include 250 carbonaceous chondrite spectra and 106 ordinary chondrite spectra from RELAB of Brown University and they are linearly interpolated to match the bands of ONC-T [2]. We searched for meteorite spectrum that gives minimum residual sum of squares (RSS) of spectra among the 356 samples.

Analysis results indicate that 5 out of 10 bright spots have spectra consistent with carbonaceous chondrites (CC), such as CM2 and CV3, and that the other half are consistent with ordinary chondrite (OC) such as LL6. Some of CC-like bright spot spectra are very similar to that of type3 (bright and molted) boulders found in [1], which was one of the end-members in reflectance/slope statistics and PCA of boulders. This suggests that these bright spots can be new members of this boulder group.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Because Ryugu most likely comes from the inner main bet, OC-like bright spots are consistent with exogenous origin. Preliminary results indicate that two types of spectra are present. One has a spectral peak at v-band (centered at 0.55 micron) and the other has a peak at w-band (0.86 micron). If this spectral variation is large enough to require the delivery of meteoritic materials from asteroids, it would reflect the variety in composition among many projectiles that collided with Ryugu after its formation. In contrast, if the shift in spectral peak is consistent with spectral modification mechanisms within a large OC-like projectile, such as thermal metamorphism, these bright spots could be remnants of one projectile only. In either case, however, because the average impact velocity in the main belt is very high ~5km/s [3], the fact that we may observe remnants of projectiles impacting at such speeds on the surface of Ryugu has strong implications in our understanding of the impact process and in our interpretation of the compositional heterogeneity of small bodies and meteorites.

[1] Sugita, S. et al., (2019) submitted to *Science*
[2] Tatsumi et al., (2019) *Icarus*
[3] Bottke et al., (1994) *Icarus*

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geomorphological characteristics of asteroid Ryugu: implications to its evolutional history

*宮本 英昭[1]、逸見 良道[1]、菊地 紘[1]、小松 吾郎[2]、本田 親寿[3]、道上 達広[4]、諸田 智克[5]、長 勇一郎[1]、バーノイン オリビエ[6]、佐々木 晶[7]、平田 成[3]、平田 直之[8]、本田 理恵[10]、亀田 真吾[11]、巽 瑛理[1]、横田 康弘[12]、神山 徹[13]、鈴木 秀彦[14]、山田 学[15]、坂谷 尚哉[12]、早川 雅彦[12]、吉岡 和夫[1]、松岡 萌[12]、平林 正稔[9]、澤田 弘崇[12]、杉田 精司[1]
*Hideaki Miyamoto[1], Ryodo Hemmi[1], Hiroshi Kikuchi[1], Goro Komatsu[2], Chikatoshi Honda[3], Tatsuhiro Michikami[4], Tomokatsu Morota[5], Yuichiro Cho[1], Olivier S Barnouin[6], Sho Sasaki[7], Naru Hirata[3], Naoyuki Hirata[8], Rie Honda[10], Shingo Kameda[11], ERI TATSUMI[1], Yasuhiro Yokota[12], Toru Kouyama[13], Hidehiko Suzuki[14], Manabu Yamada[15], Naoya Sakatani[12], Masahiko Hayakawa[12], Kazuo Yoshioka[1], Moe Matsuoka[12], Masatoshi Hirabayashi[9], Hirotaka Sawada[12], Seiji Sugita[1]

1. 東京大学、2. ダヌンツィオ大学、3. 会津大学、4. 近畿大学、5. 名古屋大学、6. ジョンズホプキンス大学、7. 大阪大学、8. 神戸大学、9. オーバーン大学、10. 高知大学、11. 立教大学、12. 宇宙科学研究所、13. 産業総合研究所、14. 明治大学、15. 千葉工業大学
1. University of Tokyo, 2. D'Annunzio University, 3. Aizu University, 4. Kinki University, 5. Nagoya University, 6. Johns Hopkins University, 7. Osaka University, 8. Kobe University, 9. Auburn University, 10. Kouchi University, 11. Rikkyo University, 12. ISAS/JAXA, 13. AIST, 14. Meiji University, 15. Chiba Inst Tech

Observations by Hayabusa 2 spacecraft indicate that Ryugu is a highly porous C-type asteroid. Ryugu’s surface is covered by numerous boulders. These are consistent with the idea that Ryugu is a rubble-pile asteroid. Interestingly, Itokawa, the only other similarly-sized rubble-pile asteroid closely observed by spacecraft, is different from Ryugu in many aspects. For example, while the shape of Ryugu is a top-shape, that of Itokawa is somehow elongated cigar-like. Though Ryugu is generally homogeneous in terms of roughness, Itokawa has two distinctive areas such as smooth and rough terrains. Ryugu has an almost continuous equatorial ridge, though Itokawa does not have such a large-scale topographic feature.

These differences may come from the difference in evolutional processes; a top-shape of rubble pile asteroid is believed to result of rotationally induced deformation or from re-accumulation. Another possibility is that the differences may come from variations in mechanical properties of asteroid forming materials. We are investigating geological characteristics of Ryugu, which may hold clues for these aspects. In this talk, we report initial results of geological investigations mostly using visible images obtained by the Optical Navigation Camera (ONC) onboard the Hayabusa2 spacecraft, and discuss about their implications to evolutional history of Ryugu..

キーワード：小惑星、はやぶさ２、リュウグウ
Keywords: asteroid, Hayabusa 2, Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リュウグウ画像テクスチャー解析によるサブメートルスケールのボルダー全球分布解析
Global distribution of sub-meter boulders measured with texture analysis of Ryugu images

*田辺 直也[1]、長 勇一郎[1]、巽 瑛理[1]、諸田 智克[4]、本田 親寿[9]、道上 達広[11]、Patrick Michel[12]、Carolyn Ernst[13]、Olivier Barnouin[13]、吉岡 和夫[1]、澤田 弘崇[2]、横田 康弘[2,3]、坂谷 尚哉[2]、早川 雅彦[2]、松岡 萌[2]、本田 理恵[3]、亀田 真吾[5]、山田 学[6]、神山 徹[7]、鈴木 秀彦[8]、小川 和律[10]、杉田 精司[1]
*Naoya Tanabe[1], Yuichiro Cho[1], ERI TATSUMI[1], Tomokatsu Morota[4], Chikatoshi Honda[9], Tatsuhiro Michikami[11], Patrick Michel[12], Carolyn Ernst[13], Olivier S Barnouin[13], Kazuo Yoshioka[1], Sawada Hirotaka[2], yokota yasuhiro[2,3], Naoya Sakatani[2], Masahiko Hayakawa[2], Moe Matsuoka[2], Rie Honda[3], Shingo Kameda[5], Manabu Yamada[6], Toru Kouyama[7], Hidehiko Suzuki[8], Kazunori Ogawa[10], Seiji Sugita[1]

1. 東京大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 高知大学、4. 名古屋大学、5. 立教大学、6. 千葉工業大学 惑星探査センター、7. 産業技術総合研究所、8. 明治大学、9. 会津大学、10. 神戸大学、11. 近畿大学、12. ニース天文台、13. ジョンズホプキンス大学応用物理学研究所
1. University of Tokyo, 2. JAXA/ISAS, 3. Kochi University, 4. Nagoya University, 5. Rikkyo University, 6. Chiba Inst. Tech., PERC, 7. AIST, 8. Meiji University, 9. University of Aizu, 10. Kobe University, 11. Kindai University, 12. Observatoire de la Côte d'Azur, 13. Johns Hopkins University APL

探査機はやぶさ2は、2018年6月27日にC型小惑星リュウグウに到着し、現在リュウグウの全球観測や高解像度の局所観測を行っている。これらの観測から、リュウグウ表面には、20m以上のボルダー数密度がイトカワの約2倍と、非常に多くのボルダーが存在していることが明らかとなってきている。しかし、これらの観測で得られた画像の解像度は05.-2m程度であるため、数-10m程度のボルダーまでしか検出できていない。

そこで本研究では、目視では判別できないsub-pixelから数pixel程度の小ボルダーの存在度を、画像から機械的に評価する手法を開発し、これをリュウグウに適用した。まず、はやぶさ2の着陸地点決定時の安全性評価に用いた。さらに、本手法を用いてリュウグウ上のボルダーの全球的な空間分布・サイズ分布を解析することにより、リュウグウの形成過程に関する情報を調査した。

これらの解析から、リュウグウ表面のボルダーが全球的に比較的一様な分布を取っていることが分かった。特に、ボルダーのサイズ頻度分布のべき数が、75cm以上のボルダーについて、全球平均-2.53、標準偏差0.03と非常に一様な値を持つことが分かった。このべき数は、5m以上のボルダーカウンティングで得られた結果(-2.65 ±0.05)と整合的である。また、同様の手法を、同じく微小重力天体であるイトカワに適用したところ、べき数の全球平均-3.6、標準偏差0.83と、リュウグウと比べ非常に非一様な分布をもっていることが分かった。このことから、イトカワはGranular convectionによるものと見られる分級作用が顕著である[Miyamoto et al. 2007]が、リュウグウでは、このような分級作用が弱いということが分かった。

一方、より詳細に見ると、経度方向・緯度方向にボルダー数密度の偏りが存在することも分かった。経度方向については、東側領域は西側領域~1.4倍のボルダー数密度をもち、東西でボルダー数密度に二分性が存在することが分かった。クレーター分布[Cho et al. 2019 LPSC]や表面アルベド[Sugita et al. 2019]にも同様の傾向が見られているまた、西半球を囲んでいるトラフにおいて、ボルダー数密度が最も小さかった。このトラフは、重力ポテンシャルが高いためにより新しい表面が露出していると考えられる赤道リッジや極域と同様に、可視領域において青化の傾向が見られる。これらのことから、西半球は東半球と比べて表面物質の可動性が高い領域となっている可能性が示唆される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

また、全球観測からリュウグウには、高緯度ほどボルダー数密度が高いという、程度は小さいが有意な、緯度方向の分級作用が見られることが分かっている[Sugita et al. 2019]。我々の解析からは、特に赤道域について、緯度方向のさらに特異な傾向も見られている。赤道リッジの頂上ではボルダー数密度が比較的多く、赤道リッジの南北斜面においてボルダー数密度が小さくなっている。これは全球的な傾向とは逆の傾向を示している。特にこの傾向は東半球の赤道リッジで強く、地形傾斜角との相関(R ~ -0.73)が存在することが分かった。この結果は、観測されているボルダー分布が、過去の自転速度の早かったと言われている時代ではなく、現在の重力ポテンシャルを反映したものであることを示唆している。さらにこのことは、自転速度低下後において、表面物質の移動が起きていたことを意味する。

キーワード：リュウグウ、はやぶさ２、ボルダー
Keywords: Ryugu, Hayabusa2, boulder

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS03] Solar System Small Bodies: A New Frontier Arising Hayabusa 2, OSIRIS-REx and Other Projects

コンビーナ:石黒 正晃(ソウル大学物理天文学科)、中本 泰史(東京工業大学)、安部 正真(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)、Olivier S Barnouin(Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory)、座長:Masanao Abe(Institute of Space and Astronautical Science, JAXA)

2018年6月、小惑星探査機「はやぶさ2」が約3年半の航海を経て、目的地リュウグウに到着した。また、別の小惑星探査機「OSIRIS-REx」も探査天体Bennuに間もなく到着しようとしている。これらの探査によって、太陽系小天体研究は、今まさに新しい局面を迎えようとしている。本セッションは、2012年から開催されてきたもので、これまでに実験、観測、探査、理論、さらにサンプル分析の観点から太陽系小天体の研究に関して議論を行ってきた。特に今回は、はやぶさ2とOSIRIS-RExの初期成果を中心に太陽系小天体に関する最新研究を持ち寄り、今後の展望を議論することを目的とする。はやぶさ2、OSIRIS-REx以外の研究成果発表も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[PPS03-13] 162173 リュウグウ表面の岩石の明るさと形状の変化

*佐々木 晶[1]、杉田 精司[2]、巽 瑛理[2]、宮本 英昭[3]、本田 親寿[4]、諸田 智克[5]、平林 正稔[6]、神田 志穂[1]、平田 成[4]、廣井 孝弘[7]、中村 智樹[8]、野口 高明[9]、本田 理恵[10]、道上 達広[11]、渡邊 誠一郎[5]、並木 則行[12]、Patrick Michel[13]、亀田 真吾[14]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[16]、山田 学[17]、菊地 紘[3]、長 勇一郎[2]、吉岡 和夫[18]、早川 雅彦[19]、松岡 萌[19]、野口 里奈[19]、坂谷 尚哉[19]、澤田 弘崇[19]、横田 康弘[19,10]、吉川 真[19] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、4.会津大学、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.オーバーン大学、7.ブラウン大学、8.東北大学大学院理学研究科地学専攻、9.九州大学基幹教育院、10.高知大学自然科学系理工学部門、11.近畿大学工学部、12.国立天文台 RISE月惑星探査検討室、13.コートダジュール天文台、14.立教大学理学部、15.産業技術総合研究所、16.明治大学理工学部物理学科、17.千葉工業大学惑星探査研究センター、18.東京大学大学院新領域創成科学研究科、19.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

15:45 ~ 16:00

[PPS03-14] 小惑星162173リュウグウのクレーターと赤道バルジの地形

*並木 則行[1,2]、水野 貴秀[3]、千秋 博紀[4]、野田 寛大[1,2]、松本 晃治[1,2]、平田 成[5]、山田 竜平[5]、石原 吉明[6]、池田 人[3]、荒木 博志[1,2]、山本 圭香[1,2]、阿部 新助[7]、吉田 二美[4]、樋口 有理可[1]、佐々木 晶[10]、押上 祥子[1]、鶴田 誠逸[1]、浅利 一善[1]、田澤 誠一[1]、清水上 誠[1]、宮本 英昭[8]、出村 裕英[5]、木村 淳[10]、大坪 俊通[9] (1.国立天文台、2.総合研究院大学、3.宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、4.千葉工業大学、5.会津大学、6.産業技術総合研究所、7.日本大学、8.東京大学、9.一橋大学、10.大阪大学)

16:00 ~ 16:15

[PPS03-15] Observation of 1064 nm normal albedo around equator of the Ryugu using the Hayabusa2 LIDAR

*山田 竜平[1]、山本 圭香[2]、荒木 博志[2]、野田 寛大[2]、千秋 博紀[3]、並木 則行[2]、松本 晃治[2]、吉田 二美[3]、阿部 新助[4]、平田 成[1] (1.会津大学　コンピュータ理工学部、2.国立天文台、3.千葉工業大学、4.日本大学)

16:15 ~ 16:30

[PPS03-16] LIDARデータおよび形状モデルを組み合わせた「はやぶさ2」探査機軌道改良

*松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、石原 吉明[2]、千秋 博紀[3]、山本 圭香[1]、平田 成[4]、平田 直之[5]、並木 則行[1]、大坪 俊通[6]、渡邊 誠一郎[7]、水野 貴秀[8]、山本 幸生[8]、池田 人[8]、尾川 順子[8]、菊地 翔太[8]、佐伯 孝尚[8]、津田 雄一[8] (1.国立天文台RISE月惑星探査検討室、2.国立環境研究所、3.千葉工業大学、4.会津大学、5.神戸大学、6.一橋大学、7.名古屋大学、8.宇宙航空研究開発機構)

16:30 ~ 16:45

[PPS03-17] はやぶさ2帰還リュウグウ試料のキュレーションに関する準備状況

*矢田 達[1]、安部 正真[1]、中藤 亜衣子[1]、与賀田 佳澄[1]、坂本 佳奈子[1]、西村 征洋[1]、岡田 達明[1]、中埜 夕希[2]、吉武 美和[1]、熊谷 和也[3]、岩前 絢子[3]、古屋 静萌[1]、橘 省吾[4,1]、圦本 尚義[1,2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.北海道大学、3.マリン・ワーク・ジャパン、4.東京大学)

16:45 ~ 17:00

[PPS03-18] Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation “Team KOCHI”

*伊藤 元雄[1]、富岡 尚敬[1]、上椙 真之[2]、上杉 健太朗[2]、大東 琢治[3]、山口 亮[4]、今栄 直也[4]、唐牛 譲[5]、白井 直樹[6]、矢田 達[5]、安部 正真[5] (1.海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.公益財団法人高輝度光科学研究センター、3.分子科学研究所 UVSOR、4.国立極地研究所、5.宇宙航空研究開発機構、6.首都大学東京)

162173 リュウグウ表面の岩石の明るさと形状の変化
Brightness and morphology variations on surface boulders of 162173 Ryugu: Space Weathering, Breccia, and Thermal Cracks

*佐々木 晶[1]、杉田 精司[2]、巽 瑛理[2]、宮本 英昭[3]、本田 親寿[4]、諸田 智克[5]、平林 正稔[6]、神田 志穂[1]、平田 成[4]、廣井 孝弘[7]、中村 智樹[8]、野口 高明[9]、本田 理恵[10]、道上 達広[11]、渡邊 誠一郎[5]、並木 則行[12]、Patrick Michel[13]、亀田 真吾[14]、神山 徹[15]、鈴木 秀彦[16]、山田 学[17]、菊地 紘[3]、長 勇一郎[2]、吉岡 和夫[18]、早川 雅彦[19]、松岡 萌[19]、野口 里奈[19]、坂谷 尚哉[19]、澤田 弘崇[19]、横田 康弘[19,10]、吉川 真[19]

*Sho Sasaki[1], Seiji Sugita[2], Eri Tatsumi[2], Hideaki Miyamoto[3], Chikatoshi Honda[4], Tomokatsu Morota[5], Masatoshi Hirabayashi[6], Shiho Kanda[1], Naru Hirata[4], Takahiro Hiroi[7], Tomoki Nakamura[8], Takaaki Noguchi[9], Rie Honda[10], Tatsuhiro Michikami[11], Sei-ichiro Watanabe[5], Noriyuki Namiki[12], Patrick Michel[13], Shingo Kameda[14], Toru Kouyama[15], Hidehiko Suzuki[16], Manabu Yamada[17], Hiroshi Kikuchi[3], Yuichiro Cho[2], Kazuo Yoshioka[18], Masahiko Hayakawa[19], Moe Matsuoka[19], Rina Noguchi[19], Naoya Sakatani[19], Hirotaka Sawada[19], yokota yasuhiro[19,10], Makoto Yoshikawa[19]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、4. 会津大学、5. 名古屋大学大学院環境学研究科、6. オーバーン大学、7. ブラウン大学、8. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、9. 九州大学基幹教育院、10. 高知大学自然科学系理工学部門、11. 近畿大学工学部、12. 国立天文台 RISE月惑星探査検討室、13. コートダジュール天文台、14. 立教大学理学部、15. 産業技術総合研究所、16. 明治大学理工学部物理学科、17. 千葉工業大学惑星探査研究センター、18. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、19. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
1. Department of Earth and Space Science, School of Science, Osaka University, 2. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 3. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 4. University of Aizu, 5. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 6. Auburn University, 7. Brown University, 8. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 9. Department of Arts and Science, Kyushu University, 10. Department of Science and Technology, System of Natural Science, Kochi University, 11. Faculty of Engineering, Kinki University, 12. RISE Project, National Astronomical Observatory of Japan, 13. Observatoire de la Cote d'Azur, 14. School of Science, Rikkyo University, 15. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 16. Department of physics, Meiji university, 17. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 18. School of frontier Science, University of Tokyo, 19. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

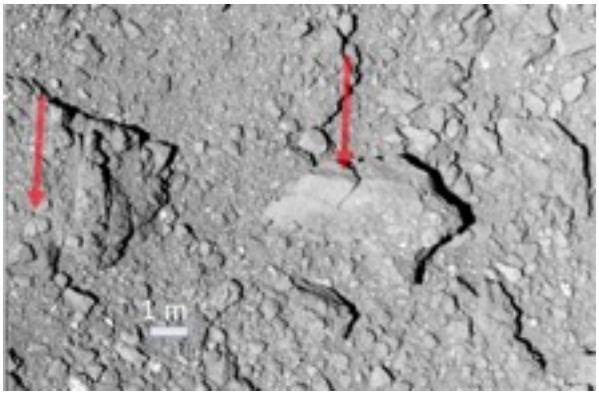
2014年12月に打ち上げられた「はやぶさ２」は、予定通り2018年6月にターゲット天体リュウグウに到着した。離れた距離からの全球マッピングのほか、何回かの近接オペレーションを行い、着地探査機MINERVA-IIA,BおよびMASCOTを成功させている。

リュウグウは二方向反射率が２％以下の、太陽系でも最も暗い天体である。表面はさまざまなサイズの岩石で覆われていて（存在度はイトカワの約2倍）ラブルパイル天体である。密度から求められる空隙率は50%を越える。表面の岩石には数十%の明るさの違いがある。一般的には、明るい岩石は表面が滑らかで層構造を有する。暗い岩石の表面は凹凸が多い。これは、数10メートルスケールの大きなボルダーから数10cmの岩石まで共通するスケールによらない特徴である。岩石の中で、割れている断面が3-4倍明るいものがある。これは、表面の暗さが宇宙風化によることを強く示唆している。岩石の中には、南北方向に割れているものがあり、熱ストレスによるものかもしれない。

「はやぶさ２」は、2019年2月末にリュウグウに着陸して表面のサンプルを採取する。また、衝突体を高速で方面に衝突させ、人工的なクレーターを形成させる予定である。明るい物質が現れることが期待される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球近傍小惑星、はやぶさ２、宇宙風化作用、熱疲労、炭素質隕石
Keywords: Near Earth asteroids, Hayabusa 2, Space weathering, Thermal fatigue, Carbonaceous meteorites



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小惑星162173リュウグウのクレーターと赤道バルジの地形
Topography of large craters and equatorial bulge of 162173 Ryugu

*並木 則行[1,2]、水野 貴秀[3]、千秋 博紀[4]、野田 寛大[1,2]、松本 晃治[1,2]、平田 成[5]、山田 竜平[5]、石原 吉明[6]、池田 人[3]、荒木 博志[1,2]、山本 圭香[1,2]、阿部 新助[7]、吉田 二美[4]、樋口 有理可[1]、佐々木 晶[10]、押上 祥子[1]、鶴田 誠逸[1]、浅利 一善[1]、田澤 誠一[1]、清水上 誠[1]、宮本 英昭[8]、出村 裕英[5]、木村 淳[10]、大坪 俊通[9]
*Noriyuki Namiki[1,2], Takahide Mizuno[3], Hiroki Senshu[4], Hirotomo Noda[1,2], Koji Matsumoto[1,2], Naru Hirata[5], Ryuhei Yamada[5], Yoshiaki Ishihara[6], HItoshi Ikeda[3], Hiroshi Araki[1,2], Keiko Yamamoto[1,2], Shinsuke Abe[7], Fumi Yoshida[4], Arika Higuchi[1], Sho Sasaki[10], Shoko Oshigami[1], Seiitsu Tsuruta[1], Kazuyoshi Asari[1], Seiichi Tazawa[1], Makoto Shizugami[1], Hideaki Miyamoto[8], Hirohide Demura[5], Jun Kimura[10], Toshimichi Otsubo[9]

1. 国立天文台、2. 総合研究院大学、3. 宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究所、4. 千葉工業大学、5. 会津大学、6. 産業技術総合研究所、7. 日本大学、8. 東京大学、9. 一橋大学、10. 大阪大学
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), 3. Japan Aerospace Exploration Agency, Institute of Space and Astronautical Science, 4. Chiba Institute of Technology, 5. The University of Aizu, 6. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 7. Nihon University,8Osaka University, 8. The University of Tokyo, 9. Hitotsubashi University, 10. Osaka University

2018年10月30日に行われた高度6 kmでのスキャン観測により，小惑星リュウグウの赤道帯(北緯20度から南緯40度，東経170度から東経120度まで)の詳細な地形データが得られた．この詳細地形データにはウラシマ，コロボック，ブラボーの3つの大クレーターが含まれている．また赤道リッジの大部分をカバーしている．ウラシマ，コロボック，ブラボークレーターについては，7-9月に取得された高度20 kmからの高空間分解能の地形データもあるが，測線が東西方向のみであり，緯度範囲も限定的であったため，10月30日スキャン観測によって，はじめて2次元的な地形データを取得する事ができた．

ウラシマクレーターの中心を横切る測線は合計4回取得されており，いずれも東西断面の地形は非常に良く一致している．コロボック，ブラボークレーターについても同様に再現性が高く，レーザー高度計の測定精度の実力値は2〜3 mと評価される．クレーターの深さと直径の比率はウラシマが0.2，コロボックが0.14，ブラボーが0.155であり，様々なサイズの小惑星と同程度の比率を示す．一方で，同じラブルパイル天体でありサイズも似かよっている小惑星イトカワ，ベンヌの浅いクレーターとは明らかな違いがある．

クレーターの形状はボウル型というよりは円錐型に近い．ウラシマクレーターには中央に小さい窪みがあり，2段の凹地になっている．コロボックとブラボークレーターは中心部が平らになっている．また，クレーター斜面の傾度は岩塊を除けば一定で，ウラシマが16-20度，コロボックが7-15度，ブラボーが16-18度である．この傾斜は30-35度という一般的な安息角に比べて小さい．コロボックとブラボークレーターの平らな中央部と，緩やかな傾斜は一見，クレーターに地形緩和が進んでいる事を示唆しているように思われる．実際に，光学カメラ画像にはウラシマクレーター内部の斜面で地すべりが起きている事が認められる．しかしながら，他の小惑星クレーターと同程度の深さ/直径比率と，ウラシマクレーターの2重凹みは，クレーター形成当時の地形が保存されている事を強く示唆する．従って，リュウグウ上のクレーター地形は20度以下の緩斜面の円錐形として形成され，安息角よりも緩やかだったために地形緩和による大きな変形が起きなかったと考えられる．

クレーターの東西断面は東側斜面と西側斜面に顕著な違いを示している．いずれのクレーターも西側斜面が粗く，東側斜面が滑らかである．東西の相違はクレーターリムの形状に最も顕著に認められる．西側のリムは細く急であるが，東側のリムは幅が広く緩やかである．東西の形状の非対称は，クレーターからの低速度放出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

物がリュウグウに再集積する際に，西側の斜面に選択的に降り積持ったためと考えられる．低速度放出物は大きな破片が卓越するため，西側斜面が東側斜面よりも粗くなっていると推定される．同じ原因で東側リムが幅広になったと解釈する事が可能であるが，リムの東西非対称については放出物にはたらくコリオリ力の影響も考えられる．東向きに飛び出した放出物は，北半球では南向きに，南半球では北向きに進路を変えて，赤道付近に集まった可能性もある．

赤道バルジの南北地形断面形状はほぼ対照的である．しかし，クレーターと同じように，斜面の粗さ，滑らかさには南北非対称がある．かつ，非対称の表れ方は経度によって異り，北側が滑らかで，南側が粗い地域もあれば，逆に北側が粗く南側が滑らかな地域もある．中間熱赤外カメラからは赤道バルジの熱的特性に関して顕著な地域差は確認できておらず，南北非対称の原因が粒度や空隙率の地域差によるとは想定し難い．この南北非対称についてはさらに考察を要する．

キーワード：はやぶさ2、クレーター、赤道バルジ、地形、リュウグウ
Keywords: Hayabusa2, Crater, Ea\quatorial bulge, topography, Ryugu

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of 1064 nm normal albedo around equator of the Ryugu using the Hayabusa2 LIDAR

*山田 竜平[1]、山本 圭香[2]、荒木 博志[2]、野田 寛大[2]、千秋 博紀[3]、並木 則行[2]、松本 晃治[2]、吉田 二美[3]、阿部 新助[4]、平田 成[1]
*Ryuhei Yamada[1], Keiko Yamamoto[2], Hiroshi Araki[2], Hirotomo Noda[2], Hiroki Senshu[3], Noriyuki Namiki[2], Koji Matsumoto[2], Fumi Yoshida[3], Shinsuke Abe[4], Naru Hirata[1]

1. 会津大学　コンピュータ理工学部、2. 国立天文台、3. 千葉工業大学、4. 日本大学
1. The University of Aizu, Department of Computer Science and Engineering, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Chiba Institute of Technology, 4. Nihon University

In June 2018, the Japanese asteroid explore Hayabusa2 has arrived to C-type asteroid 162173 Ryugu after three and half years journey. The Hayabusa2 has the laser altimeter (light detection and ranging: LIDAR) for navigation of the spacecraft and scientific uses. The main purpose of the LIDAR is to measure the distance between the spacecraft and the asteroid using time delay between the transmission and reception of the laser. In addition, the Hayabusa2 LIDAR has the function of measuring the intensities of a transmitted laser pulse and received laser pulse reflected from the asteroid surface. In this study, we have derived the normal albedo of the Ryugu at the laser wavelength of 1064 nm using the intensity data. The observation of normal albedo using the LIDAR has never been performed on C-type asteroid. Our observation will provide first knowledge of normal albedo variation at 1064 nm on C-type asteroid.

Usually, the Hayabusa2 spacecraft stands at home position (altitude of 20 km) and the intensity and ranging data are obtained with 1/32 Hz. As special operation, the spacecraft moves to latitudinal and longitudinal direction or descend to low altitude. Then, the LIDAR data are sampled at 1Hz. For analysis of normal albedo, we have selected the data obtained in altitude lower than 7 km. The size of the footprint become smaller with descent of the spacecraft, and mapping resolution is higher. Then, less size of footprint is effective to reduce effect of the surface terrain on the LIDAR return pulse. We have applied the data obtained at July 20, August 1, 6, 7, September 11, 20, 21, October 2, 3, 4, 15, 24, 31 and November 1, 2018 for normal albedo analysis. In these days, the spacecraft has been operated at low altitude, for example, rehearsal of touchdown for sample sampling has been performed in October 15 and 24. From the selected data, we have derived the normal albedo around equator of the Ryugu in range of about 10 degrees in latitude. The total data number is 37,5151.

For calculation of normal albedo, we applied some reflectance models; they are the Lambert, the Lommel-Seeliger and the Oren-Nayar models. The intensity of the reflected pulse calculated by the Oren-Nayar model depends on the applied value of roughness () in degree. We have applied 9 Oren-Nayar model changing the roughness from 10 to 90 degrees with interval of 10 degrees. On a footprint, 11 types of normal albedo have calculated for 11 reflectance models, respectively.

Firstly, we have found that the derived values of the 1064 nm normal albedo are different for each model. The lowest albedo is derived for the Lommel-Seeliger model, and the highest albedo is derived for the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Oren-Nayar model with roughness of 90 degrees. Secondary, it has been found that values of normal albedo depend on the incident angle of the laser pulse for some reflectance models. Especially, the normal albedo using the Lambert model are evidently higher with increase in incident angle at many areas around the equator. This is impossible phenomena for real material as rocks, and this means the Lambert model is inappropriate to represent reflectance of a lot of areas on the Ryugu. Therefore, we have investigated relation between the normal albedo and incident angle in each grid with resolution of 5 5 degrees. In the investigation, slope of normal albedo for incident angle were derived for 11 reflectance models in each grid, and the model which have the smallest slope would be appropriate in the area. From the results, we found that the Lommel-Seeliger model is dominant around equator of the Ryugu. When we apply the Lommel-Seeliger model, the average of normal albedo in the equator area is 0.042, and the deviation is 9.0 %. It corresponds to typical albedo of C-type asteroid (0.03-0.06) observed by ground telescope. In this presentation, we will also discuss regionality of the normal albedo on Ryugu and relation with surface terrain.

キーワード：C型小惑星、リュウグウ、はやぶさ2、レーザ高度計、ノーマルアルベド
Keywords: C-type asteroid , Ryugu, Hayabusa2, LIDAR, Normal albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

LIDARデータおよび形状モデルを組み合わせた「はやぶさ2」探査機軌道改良

Improved Trajectory of Hayabusa2 by Combining LIDAR Data and a Shape Model

*松本 晃治[1]、野田 寛大[1]、石原 吉明[2]、千秋 博紀[3]、山本 圭香[1]、平田 成[4]、平田 直之[5]、並木 則行[1]、大坪 俊通[6]、渡邊 誠一郎[7]、水野 貴秀[8]、山本 幸生[8]、池田 人[8]、尾川 順子[8]、菊地 翔太[8]、佐伯 孝尚[8]、津田 雄一[8]

*Koji Matsumoto[1], Hirotomo Noda[1], Yoshiaki Ishihara[2], Hiroki Senshu[3], Keiko Yamamoto[1], Naru Hirata[4], Naoyuki Hirata[5], Noriyuki Namiki[1], Toshimichi Otsubo[6], Sei-ichiro WATANABE[7], Takahide Mizuno[8], Yukio Yamamoto[8], Hitoshi Ikeda[8], Naoko Ogawa[8], Shota Kikuchi[8], Takanao Saiki[8], Yuichi Tsuda[8]

1. 国立天文台RISE月惑星探査検討室、2. 国立環境研究所、3. 千葉工業大学、4. 会津大学、5. 神戸大学、6. 一橋大学、7. 名古屋大学、8. 宇宙航空研究開発機構

1. RISE Project, National Astronomical Observatory of Japan, 2. National Institute for Environmental Studie, 3. Chiba Institute of Technology, 4. The University of Aizu, 5. Kobe University, 6. Hitotsubashi University, 7. Nagoya University, 8. JAXA

Hayabusa2 spacecraft successfully arrived at the target C-type asteroid 162173 Ryugu on 27 June, 2018, with its “home position” being about 20 km above the sub-Earth point. Soon after arrival, Hayabusa2’s remote sensing instruments started near-global observations. Because map products from these instruments depend on the spacecraft position with respect to the asteroid, it is necessary to provide precise spacecraft trajectory in a timely manner. The basic idea is to find a trajectory correction which makes “LIDAR-derived topography” fit to the reference shape model. The LIDAR-derived topography is, in other words, a sequence of LIDAR footprint positions expressed in asteroid-centered body-fixed rotating frame. The footprints can be computed by using the following information; spacecraft position with respect to the asteroid, spacecraft attitude, LIDAR range, rotational information of the asteroid (orientation and spin period). If all the information above was perfect, the collective footprints would delineate the shape of the asteroid. In reality, however, there are various errors affecting the footprint positions, among which the largest is generally the trajectory error, making the resultant LIDAR footprints deviate from the shape model. We call the deviation as residual. A shape model constructed by stereo photoclinometry (SPC) method is used as reference. We obtain trajectory correction by minimizing the residuals with polynomial functions. We made use of Markov chain Monte Carlo (MCMC) algorithm to explore better parameters. We compared the LIDAR-corrected trajectory with camera positions that are determined through SPC shape modeling. The two estimates agree with each other within about 40 m on 10 July 2018, and 20 m on 20 July 2018. LIDAR-derived topography with such an improved trajectory can be used for analysis of boulder height, crater shape, surface roughness, etc.

キーワード：はやぶさ2、探査機軌道、レーザ高度計
Keywords: Hayabusa2, spacecraft trajectory, LIDAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

はやぶさ2帰還リュウグウ試料のキュレーションに関する準備状況
Present status of preparation for the Ryugu sample curation returned by the Hayabusa2

*矢田 達[1]、安部 正真[1]、中藤 亜衣子[1]、与賀田 佳澄[1]、坂本 佳奈子[1]、西村 征洋[1]、岡田 達明[1]、中埜 夕希[2]、吉武 美和[1]、熊谷 和也[3]、岩前 絢子[3]、古屋 静萌[1]、橘 省吾[4,1]、圦本 尚義[1,2]
*Toru Yada[1], Masanao Abe[1], Aiko Nakato[1], Kasumi Yogata[1], Kanako Sakamoto[1], Masahiro Nishimura[1], Tatsuaki Okada[1], Yuki Nakano[2], Miwa Yoshitake[1], Kazuya Kumagai[3], Ayako Iwamae[3], Shizuho Furuya[1], Shogo Tachibana[4,1], Hisayoshi Yurimoto[1,2]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 北海道大学、3. マリン・ワーク・ジャパン、4. 東京大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Hokkaido University, 3. Marine Works Japan Ltd., 4. University of Tokyo

小惑星探査機はやぶさ2は2014年12月に打ち上げられ、2018年6月にC型小惑星リュウグウに到着した[1]。現在、一連のリモートセンシング機器による観測を行っており、今年の初めには小惑星上へタッチダウンによる試料採集を実施する予定である[1, 2]。探査機は2019年の終りには小惑星を出発し、2020年終わりに地球にリュウグウ表層試料を収めた再突入カプセルを帰還させる予定である[1, 2]。

これらの探査機運用と並行して、JAXAでは小惑星から帰還する試料のキュレーションの準備を進めている。2017年9月にはやぶさ2帰還試料を取り扱う為のクラス1000のクリーンルームが完成し、試料を扱う為のクリーンチェンバー(CC)が昨年10月に整備された。このクリーンチェンバーは5室(CC3-1, CC3-2, CC3-3, CC4-1, CC4-2)から構成されている。

小惑星リュウグウは水質変成を受けた炭素質コンドライトの母天体と思われる為[3]、水・有機物などの揮発性物質分析が帰還試料にとって非常の重要な科学目標である[4]。揮発性物質を含む小惑星試料を地球の揮発性物質で汚染させない為に、はやぶさ2の試料コンテナには新たに開発した金属シール機構が備えられている[5, 6]。はやぶさ初号機ではバイトン2重Oリングによるシールであった為、地球大気の汚染を防ぐことが出来なかったが[7]、はやぶさ2の金属シール機構は1Pa以下の真空を100時間に渡って保持することが可能である[5, 6]。

探査機が帰還した再突入カプセルを回収した後、再突入カプセルは近くのクイックルック施設(QLF)に搬送される。カプセルの安全化処理の後、試料コンテナが取り出され、クリーニングを行い、コンテナ内部のガス状揮発性物質を回収する為のガス採集ラインに接続される。ガス状物質の回収の後、コンテナは窒素雰囲気で密封された状態でQLFからJAXAキュレーション施設へ運ばれる。コンテナのうち、CCへ搬入できない部品をクリーンルームで取り除く。最後にコンテナはコンテナ開封機構に設置され、CC3-1に導入される。

コンテナはCC3-1内の真空環境で開封され、リュウグウ試料を収めた試料キャッチャーが取り出される。取り出された試料キャッチャーはCC3-2に搬送される。試料キャッチャーは3室に分かれており、3ヵ所の異なる地点からの採集試料が各々納められており[5, 6]、その内最初のタッチダウン地点の試料が納められた室の蓋を開けて、少量の試料を取り出す。この採集された少量試料は将来の分析の為にCC3-2内で真空にて保管される。キャッチャーは真空環境にてCC3-2からCC3-3に搬送され、CC3-3を窒素環境に置き換える。そしてキャッチャーはCC4-1、CC4-2に搬送され、キャッチャーの3室からそれぞれ試料の取り出しが行われる。Phase-1と呼ばれる初期記載作業に於いて、取り出された試料の秤量、顕微鏡観察、CC3-3とCC4-2に設置された赤外分光装置による分析が行われる。

上記システムにおける試料ハンドリングの機能試験、試料受け入れ・ハンドリングのリハーサルは2019年

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

4月から開始する予定である。2020年初頭にはそれらの機能試験・リハーサルを反映した調整・整備を行い、2020年終わりの試料帰還に備える予定である。

参考文献: [1] Watanabe S. et al. (2018). AGU 2018 fall meet., present. #P21A-02. [2] Watanabe S. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 3–16. [3] Vilas et al. (2008) Astron. J. 135, 1101–1105. [4] Tachibana S. et al. (2014) Geochem. J., 48, 571-587. [5] Sawada T. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 81-106. [6] Okazaki R. et al. (2017) Space Sci. Rev. 208, 107-124. [7] Okazaki R. et al. (2011) LPS XLII, abstract #1653.

キーワード：はやぶさ2、C型小惑星、リュウグウ、試料キュレーション、炭素質コンドライト、地球近傍小惑星
Keywords: Hayabusa2, C-type asteroid, Ryugu, sample curation, carbonaceous chondrite, Near Earth asteroid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of the grain from the asteroid Ryugu proposed by the Phase 2 curation “Team KOCHI”

*伊藤 元雄[1]、富岡 尚敬[1]、上椙 真之[2]、上杉 健太朗[2]、大東 琢治[3]、山口 亮[4]、今栄 直也[4]、唐牛 譲[5]、白井 直樹[6]、矢田 達[5]、安部 正真[5]
*Motoo Ito[1], Naotaka Tomioka[1], Masayuki Uesugi[2], Kentaro Uesugi[2], Ohigashi Takuji[3], Akira Yamaguchi[4], Naoya Imae[4], Yuzuru Karouji[5], Naoki Shirai[6], Toru Yada[5], Masanao Abe[5]

1. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 公益財団法人高輝度光科学研究センター、3. 分子科学研究所 UVSOR、4. 国立極地研究所、5. 宇宙航空研究開発機構、6. 首都大学東京
1. Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, 2. JASRI, 3. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science, 4. National Institute Polar Research, 5. JAXA, 6. Tokyo Metropolitan University

Returned samples from asteroids and comets have provided unique characteristics to investigate their origin and nature of the Solar System [1-3]. For example, analytical studies of the S-type asteroid Itokawa by the Hayabusa mission provided new insights for the asteroid-meteorite connections, space weathering processes, small asteroidal body formation in the Solar System [e.g., 1, 3, 4]. JAXA Hayabusa2 and NASA Osiris-REx are both on-going sample return missions from the primitive asteroids, Ryugu (C-type) and Bennu (B-type), respectively [5, 6]. Both missions have complementary scientific goals that are to understand the Solar System evolution in the point of view of organics, water, and associated minerals (i.e., hydrous minerals).

Phase 2 curation teams will be acting under the scientific direction and strong ethic of the Astromaterial Science Research Group (ASRG) of JAXA and was authorized 2 institutes by the steering committee of the ASRG in 2017: (1) Kochi Institute for Core Sample Research (KOCHI), JAMSTEC in collaboration with JASRI/SPring-8, UVSOR Synchrotron Facility/National Institutes of Natural Sciences, Institute for Molecular Science, National Institute of Polar Research (NIPR) and Tokyo Metropolitan University, and (2) the Institute for Planetary Materials, Okayama University at Misasa. The JAXA Curation requested us to make an in-depth analysis of a few grains by the state-of-the-art instruments/techniques and nationwide collaborative research activities. We will conduct on analyses in parallel with the initial analysis team led by the Hayabusa2 project.

Recent reports by the Near-IR Spectrometer (NIRS3) on Hayabusa2 spacecraft presented that the asteroid Ryugu may consist of either CM chondritic materials [8] or shocked/heated carbonaceous chondrites [9]. Matsuoka et al. [9] pointed out that the low albedo of the asteroid Ryugu could be explained by a combination of C-rich material, grains size, porosity and space weathering effects on the asteroid surface materials. This implies that the avoiding terrestrial contaminations (i.e., atmospheric water/air, organics) during sample curation, transportation and analysis are important to obtain original chemical characteristics of Hayabusa2 returned samples.

We have developed novel and universal sample holders (KOCHI grid and KOCHI clamp) for a linkage analysis utilizing micro-analytical instruments of FIB, TEM, STXM and NanoSIMS minimizing terrestrial contaminations and sample lost or broken. We also made an additional sample holder (Okazaki cell) for STXM analysis (Ohigashi T. et al. in preparation), and a sample transport vessel (FFTC: facility to facility transfer container; Uesugi K. et al. in preparation) under vacuum or inert gas in parallel.

We have carried out the development of coordinated synchrotron based-CT (SPring-8) –XRD (SPring-8)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

–FIB (JAMSTEC KOCHI) –STXM (UVSOR Synchrotron Facility) –NanoSIMS (JAMSTEC KOCHI) –TEM (JAMSTEC KOCHI) analysis to obtain complex structure inside of the sample, light element/isotope images to obtain their spatial distributions, speciation of elements: type of bonding, chemical species, redox state and ultra-fine textural observation: mineralogy and crystallography in fine-grained mineral and organic assemblages in few tens to hundreds of micrometer-scale Hayabusa2 samples. We, therefore, have chosen Antarctic micrometeorites provided by NIPR as analogues of Hayabusa2 sample because of their size (50 to 800 μm, as an example of small particle) and chemical characteristics.

We will report the current status, ethic and motivation of “Team KOCHI” of Phase2 Curation. In addition, we will present newly developed universal sample holders for FIB, TEM, NanoSIMS, STXM, and a sample transport vessel under vacuum or inert gas among nationwide/international universities and institutes.

References: [1] Nakamura T. et al. (2011) Science 333, 1113–1116. [2] Brownlee D.E. et al. (2006) Science 314, 1711–1716. [3] Yurimoto H. et al. (2011) Science 333, 1116–1119. [4] Noguchi T. et al. (2011) Science 333, 1121–1125. [5] Tachibana S. et al. (2014) Geochem. J. 48, 571–587. [6] Lauretta D.S. et al. (2014) Meteorit. Planet. Sci. 50, 834–849. [7] Uesugi M. et al. (2019) Meteorit. Planet. Sci. 1, 1–29. [8] Hiroi T. et al. (2019) 50th LPSC (LPI Contrib. No. 2132), abstract#1129. [9] Matsuoka et al. (2019) 50th LPSC (LPI Contrib. No. 2132), abstract#1534.

キーワード：はやぶさ２試料、微小領域分析機器を組み合わせたリンケージ分析
Keywords: Hayabusa2 returned sample, Linkage analysis utilizing micro-analytical instruments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A01 東京ベイ幕張ホール

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)、座長:末次 竜(産業医科大学)、杉浦 圭祐(名古屋大学)

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

9:00 ~ 9:15

[PPS06-25] 付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3] (1.東京大学、2.国立天文台、3.東北大学)

9:15 ~ 9:30

[PPS06-26] **塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性**

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学理学院)

9:30 ~ 9:45

[PPS06-27] 微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4] (1.産業医科大学、2.東北大学、3.名古屋大学、4.東京工業大学)

9:45 ~ 10:00

[PPS06-28] 揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度

*城野 信一[1] (1.名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻)

10:00 ~ 10:15

[PPS06-29] ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究

*小林 浩[1]、田中 秀和[2] (1.名古屋大学理学研究科、2.東北大学)

10:15 ~ 10:30

[PPS06-30] 衝突による太陽系外起源小天体1I/'Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1] (1.名古屋大学大学院理学研究科)

付着N体計算で探るダスト集合体の引張強度
Tensile Strength of Porous Dust Aggregates Measured with Dust N-body Simulations

*辰馬 未沙子[1,2]、片岡 章雅[2]、田中 秀和[3]
*Misako Tatsuuma[1,2], Akimasa Kataoka[2], Hidekazu Tanaka[3]

1. 東京大学、2. 国立天文台、3. 東北大学
1. The University of Tokyo, 2. National Astronomical Observatory of Japan, 3. Tohoku University

惑星形成において、ミクロンサイズのダストがキロメートルサイズの微惑星に成長する過程は、直接付着合体成長や不安定性による濃集など諸説あり、未だ解明されていない。一方で、原始惑星系円盤で形成中の微惑星は直接観測できないため、形成過程の検証は困難である。そこで、太陽系内の最も始原的な天体であり、微惑星の残存天体だと考えられている彗星に着目する。彗星は探査衛星による詳細な観測が可能な天体である。本研究では、Rosettaミッションによって測定された、太陽系内の彗星の一つである67P/Churyumov-Gerasimenkoの引張強度に着目した。

我々は、微惑星の引張強度から形成過程への制限ができるかどうかを探るため、ダストの直接付着相互作用(Wada et al. 2007, ApJ, 661, 320)を考慮したN体計算を用いて、ダスト集合体の引張強度を求めた。初期条件としてのダスト集合体は、形成過程を模擬して等方的かつ静的に圧縮したものを用いた(Kataoka et al. 2013, A&A, 554, A4)。数値計算の結果、引張の変位が増加するにつれて引張応力は徐々に増加し、ある時点で最大値をとることが見られ、すなわち引張強度が得られた。引張応力が最大となる付近で、ダスト内の粒子間接触の切断が発生し始めることも確認された。また、ダスト集合体の引張強度は体積充填率の1.8乗、構成粒子半径の-1乗、構成物質の表面エネルギーの1乗に比例することがわかった。さらに、引張強度が粒子間接触の切断によって決まるという半解析的なモデルを用いることで、数値計算結果を再現することにも成功した。我々のモデルで彗星67Pの引張強度を再現するには、構成粒子半径がおよそ3.3–220 μmでなければならないことも明らかとなった。従来の惑星形成論では、構成粒子半径は星間ダスト半径の0.1 μmとされており、本研究の見積りとは異なる。構成粒子サイズの時間進化等の再検討が今後必要となる。

キーワード：原始惑星系円盤、微惑星、彗星、引張強度
Keywords: Protoplanetary disks, Planetesimals, Comets, Tensile Strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

塵粒子集合体のグラフ構造から理解する熱伝導率の充填率依存性
Filling factor dependence of the thermal conductivity understood from the graph structure of dust aggregates

*荒川 創太[1]、竹本 正輝[1]、中本 泰史[1]
*Sota ARAKAWA[1], Masaki TAKEMOTO[1], Taishi NAKAMOTO[1]

1. 東京工業大学理学院
1. Tokyo Institute of Technology

Previous studies (Arakawa *et al*. 2017; 2019) revealed that the thermal conductivity through the solid network of dust aggregates is proportional to the square of the filling factor. However, the reason why the thermal conductivity is given by the power-law function of the filling factor was still unclear. In order to understand the physical reason of this power-law dependence, we need to investigate the geometric structure of highly porous dust aggregates.
In this study, we study the graph structure of fractal aggregates called BCCA aggregates (e.g., Meakin 1991). The fractal dimension of BCCA aggregates is approximately 1.9 (e.g., Okuzumi *et al*. 2009) and the graph structure of BCCA aggregates is classified as a tree. Then the gyration radius r_g and the filling factor ϕ is connected by the following equation, $r_g \simeq \phi^{-1/(3-1.9)}$, and the number of the heat conduction path per unit area, σ, is given by $\sigma \simeq \phi^{2/(3-1.9)}$ for BCCA aggregates. In addition, we calculated the graph-theoretical distances of monomer grains within a BCCA aggregate. We found that the root mean square of the graph-theoretical distance d is given by $d \simeq r_g^{1.2}$. Therefore, the thermal conductivity of BCCA aggregates is proportional to $\sigma r_g / d \simeq \phi^2$.

キーワード：熱伝導率、ダストアグリゲイト、粉粒体
Keywords: thermal conductivity, dust aggregate, powder and granular material

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微惑星の衝突破壊: 物質強度依存性
Collisional disruption of planetesimals: dependence of material strength

*末次 竜[1]、田中 秀和[2]、小林 浩[3]、玄田 英典[4]
*Ryo Suetsugu[1], Hidekazu Tanaka[2], Hiroshi Kobayashi[3], Hidenori Genda[4]

1. 産業医科大学、2. 東北大学、3. 名古屋大学、4. 東京工業大学
1. University of Occupational and Environmental Health, 2. Tohoku University, 3. Nagoya University, 4. Tokyo Institute of Technology

太陽の周りの公転している惑星や小天体は天体同士の衝突による合体及び破壊で形成されたため、衝突現象は太陽系形成において非常に重要な物理過程といえる。天体は様々な規模の衝突を経験しており、破壊規模は衝突エネルギーQ_R (初期のインパクターの運動エネルギーを標的天体の質量で割った単位質量あたりのエネルギー)に依存する。特に衝突によって標的天体の質量が元の半分となる時のエネルギーは臨界衝突エネルギーQ_{RD}^*と呼ばれ、その値や性質は実験や衝突シミュレーションを用いて研究されてきた (e.g., Benz & Asphaug 1999)。その結果、Q_{RD}^*の値は衝突速度、標的天体のサイズ、物質強度、さらに計算解像度にも依存することが明らかとなった (e.g., Jutzi 2015, Genda et al. 2015)。こうした結果は、主にSPH法で得られていたが、最近、我々はメッシュ法による衝突シミュレーションを行い、高解像度の計算では、SPH法によって得られたQ_{RD}^*の値とよい一致を示すことを明らかにした (Suetsugu et al. 2018)。この研究では天体の物質強度などの組成の効果は入れていなかったが、実際には天体の組成もQ_{RD}^*の値に影響を与えうると考えられている (Jutzi 2015)。しかし、こうした天体組成とQ_{RD}^*の値の詳細な関係は調べられておらず、不明な点が多い。

そこで本研究では、衝突シミュレーションコードの一つで、弾性・塑性モデル，破壊モデル，空隙モデルなどが導入されているiSALE (Amsden et al. 1980, Ivanov al. 1997, Wunnemann et al. 2006) を用いて微惑星破壊の計算を行い、物質強度を考慮した時のQ_{RD}^*の値や、Q_{RD}^*の解像度及び物質強度への依存性について調べた。その結果、物質強度を考慮した場合でも、天体の大規模破壊に必要とされるエネルギーQ_{RD}^*の値は計算解像度に依存することがわかった。各解像度から得られたQ_{RD}^*の値をフィッティングすることで得られた収束値は、標的天体の半径が100kmの場合、約88.6 kJ/kgであり、これは物質強度の無い場合にくらべ5倍ほど高い値となった。また標的天体のサイズに対するQ_{RD}^*の依存性も調べたが、どのサイズにおいても物質強度が無い場合にくらべ、Q_{RD}^*の値は3〜10倍程度増加した。また衝突後のイジェクタの量は、天体を構成する物性の摩擦係数によっても影響をうけるが、現実的な摩擦係数を使う限り、その依存性は小さいことがわかった。

キーワード：惑星形成、衝突過程
Keywords: Planetary formation, Impact processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

揮発性物質を含む微惑星の衝突により形成されるコンドリュールのサイズと冷却速度
Size and cooling rate of chondrules formed thorough collision between planetesimals containing volatile materials

*城野 信一[1]
*Sin-iti Sirono[1]

1. 名古屋大学 大学院環境学研究科 地球環境科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University

コンドライト隕石中には，コンドリュールと呼ばれる直径0.1-2 mm程度の球が多数含まれる．体積比率にして80%を越える場合もあり，かつ形状が球であることから，原始太陽系円盤内で普遍的に発生していた発熱イベントにより形成されたと考えられている．室内実験で作成した冷却物との比較から，冷却速度は10-1000 K/h 程度と見積もられている．サイズと冷却速度が，コンドリュールを特徴づける上で最も重要な二つの物理量である．これまで多くのコンドリュール形成モデルが提案されてきたが，多くにおいてはコンドリュールが形成されるパラメータが特定の領域に限られている．

コンドリュール形成プロセスとして，微惑星の衝突は以前から注目されていた．しかし，衝突でシリケイトを溶融させるには数km/s の衝突速度が必要であり，ガスがまだ散逸していない段階の原始惑星系円盤ではその衝突速度が実現されることは困難である．しかし，ガスの降着により木星が形成されると周囲の微惑星の軌道を大きく乱し，衝突速度は10km/sにもなることがNagasawa et al. (2019)により明らかとなった．また一方でコンドリュールの形成年代はCAI形成後 1-3Myr 程度であり，木星の形成のタイミング，またそれに伴う微惑星軌道が乱されている期間の長さと矛盾しない．

しかし微惑星の衝突によってシリケイトメルトが形成されるとしても，大きさが0.1-2mm程度まで分裂するためには周囲のガスから受ける動圧が十分大きくなければならない．原始太陽系円盤のガスを考えると，密度が低すぎるためシリケイトメルトは1mほどのサイズまでしか小さくならない．そこで揮発性物質を含んだ微惑星の衝突を考えた．衝突によってシリケイトと共に加熱された揮発性物質は急激に膨張しガスとなる．ガスとシリケイトメルトとの速度差により動圧が生まれシリケイトメルトは分裂する．どのサイズまで分裂できるかは，ガス動圧と表面張力の比で表されるウェーバー数という無次元数で決定される．本研究では，シリケイトメルトと揮発性物質との混合物が1次元的に膨張するという衝撃波問題の数値シミュレーションを行った．

シミュレーションのパラメータは，混合層の厚さL，揮発性物質の質量分率f，温度T_0の3つである．これら3つのパラメータを様々に変化させてシミュレーションを行った．揮発性物質は水とし，簡単のためガスは理想気体であるとした．

典型的な温度の進化を図に示す．ガスは膨張により仕事をするため温度が低下する．しかしシリケイトメルトからガスに熱が移動する．このプロセスが進行することで徐徐に温度は低下する．図の破線は半解析的に求めた式である．

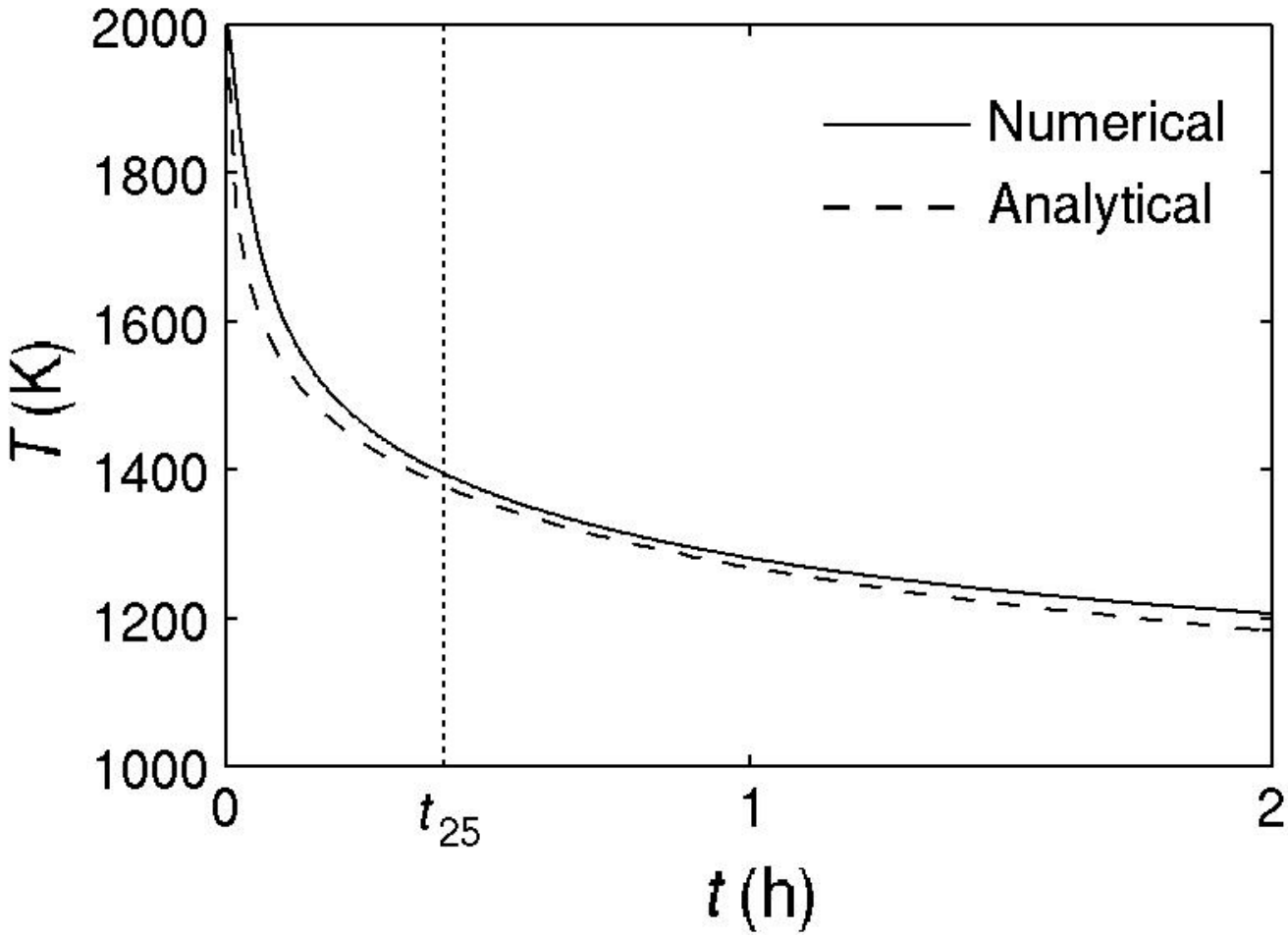
様々なパラメータでシミュレーションを行ったが，分裂したシリケイトメルトのサイズは0.3-2mm程度，冷却速度は100-10000 K/h 程度の範囲に収まることがわかった．パラメータの調整が必要なこれまでのモデルとは大きく異なる結果となった．

揮発性物質は水とは限らず有機物である場合も考えられる．有機物である場合はガスが還元的になるの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

で，Feは金属鉄としてコンドリュールに残ることになる．したがって，揮発性物質の種類によって酸化還元度の多様性が説明できる．また，微惑星の内部が^{26}Alの加熱によって溶融している場合は，Feがコアに移動してしまっている可能性もある．この場合はFe量が低下することになり，H，L，LLコンドライトとして知られている多様性も説明できる．

キーワード：コンドリュール、揮発性物質、微惑星、サイズ、冷却速度
Keywords: chondrule, volatile material, planetesimal, size, cooling rate



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダストから直接合体成長による惑星形成の理論的研究
From Dust to Planet via collisional growth

*小林 浩[1]、田中 秀和[2]
*Hiroshi Kobayashi[1], Hidekazu Tanaka[2]

1. 名古屋大学理学研究科、2. 東北大学
1. Department of Physics, Nagoya University, 2. Tohoku University

原始惑星系円盤のダストが集積して惑星が形成されたと信じられている。衝突・合体のくりかえしによるダスト成長には様々な困難が指摘されていたが、近年の研究でこれらの困難は克服されつつある。また、微惑星サイズにまで成長した後はその場成長が卓越すると長らく考えられていたが、これには形成時間が長すぎる等の困難があることが指摘されている。一方、内側円盤での微惑星から惑星への成長中にも、外側円盤で遅れて起こるダスト成長が寄与することが示唆されてきた。しかし、これらの効果を包括的に議論するには、原始惑星系円盤全体でダストから惑星までの成長を取り扱う非常に大規模なシミュレーションが必要になる。本研究では、ダストの空隙進化モデルを用いて、簡単のため衝突・破壊を無視した100AU程度の原始惑星系円盤の中でのダストから惑星までの大規模シミュレーションを行った。その結果、過去の研究で示されていたように、ダストの成長が起こり十分大きな微惑星ができ、微惑星は暴走成長を起こし、原始惑星を形成する。外側円盤から内側円盤へ小石大の天体の流入が続くが、過去の研究で指摘されたほど、原始惑星成長への寄与は大きくない。最終的には惑星サイズまで最大天体は大きくなる。この結果、世界で初めて、ダストから惑星までの直接合体による形成をシミュレーションにより示すことに成功した。また、この結果は惑星だけでなく小惑星サイズの天体のサイズ分布の議論も可能にする。

キーワード：惑星形成、原始惑星系円盤
Keywords: planet formation, protoplanetary disk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝突による太陽系外起源小天体1I/’Oumuamuaの極端細長形状の形成条件

Impact Conditions for the Formation of the Extremely Elongated Shape of 1I/’Oumuamua

*杉浦 圭祐[1]、小林 浩[1]、犬塚 修一郎[1]
*Keisuke Sugiura[1], Hiroshi Kobayashi[1], Shu-ichiro Inutsuka[1]

1. 名古屋大学大学院理学研究科
1. NAGOYA UNIVERSITY Graduate School of Science

1I/’Oumuamuaは2017年10月にPan-STARRS望遠鏡によって発見された, 太陽系外から来たと考えられている小天体である. この天体の軌道離心率は1.2であり, 無限遠での太陽との相対速度が26 km/s程度と太陽近傍星の相対速度に近い値であることから, 近傍の惑星系から飛来してきたと考えられている. 絶対等級は22等級程度であり, 0.04のアルベドを仮定することで100 m程度のサイズの小天体であると見積もられている. また最大で2.5等級程度の大きな光度変化を示しているため, 中間軸/長軸比が少なくとも0.3よりも小さいような極端に細長い形状をしていると考えられている.

我々は1I/’Oumuamuaの極端に細長い形状を小惑星衝突によって説明するため, 小惑星衝突の数値計算を様々な条件で行った. 数値計算には弾性体力学に拡張されたSmoothed Particle Hydrodynamics法に自己重力, 岩石の破壊モデル, 及び粉々になった岩石間の摩擦モデルを導入した計算コードを用いた. 衝突天体として始めから固体の引っ張り強度を持たず横ずれ応力が粉体の摩擦で決まるようなものを考え, ターゲット天体の直径は100 mで固定した. その上で衝突2天体の質量比, 粉体の摩擦角, 衝突角度, 衝突速度を様々に変化させた衝突計算を行い, 中間軸/長軸比が0.3を下回る極端細長形状を形成するような衝突条件を調べた.

衝突計算の結果, 大雑把には質量比0.5以上, 摩擦角40度以上, 衝突角度30度以下, 衝突速度40 cm/s以下という条件を満たす衝突のうちいくつかは中間軸/長軸比が0.3を下回る極端細長形状を形成することがわかった. これらの条件のうち, 実現が最も難しいものは衝突速度である. 現在の太陽系の小惑星帯での平均の衝突速度は約5 km/sであり, 要求される衝突速度よりはるかに速い速度である.

40 cm/s以下の衝突速度を実現するためには, 原始惑星系円盤の内部のような力学的に極めて冷たい環境が必要である. しかしながら原始惑星系円盤であっても乱流や大きな天体からの重力散乱などの要因で相対速度が上げられてしまう. そこで我々は低速度衝突を実現するために必要な乱流強度と大きな天体のサイズを見積もった. その結果, 乱流の強度を表すShakura-Sunyaevのアルファパラメータが10^{-4}以下で, 周囲の大きな小天体のサイズが7 km以下ならば半径100 mの小天体間の相対速度が40 cm/s以下になることがわかった. この乱流の強度は磁気回転不安定性が成長しないような場所ならば実現可能である. 一方で7 km以下の小天体のサイズは極めて若い原始惑星系円盤でなければ実現することができない. したがって, 1I/’Oumuamuaは極めて若い原始惑星系円盤で形成され, その後巨大ガス惑星や恒星遭遇などによって惑星系から放出され, 太陽系までやって来た小天体であることが示唆された.

キーワード：1I/’Oumuamua、極端細長形状、小惑星衝突、数値計算、SPH法
Keywords: 1I/’Oumuamua, extremely elongated shape, asteroidal impact, numerical simulation, SPH method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

[PPS06-P01] The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1]、Fang-shii Ning[1] (1.National Chengchi University)

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

[PPS06-P03] **月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由**

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P04] **太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果から*アブダクションで検証する*理論モデルを*「マルチインパクト仮説」で*，提案，**
cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2.情報通信開発機構、3.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター)

[PPS06-P06] Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2] (1.大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.北海道大学 創成研究機構)

[PPS06-P07] Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P08] Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[PPS06-P09] Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.理化学研究所 計算科学研究機構)

[PPS06-P11] 中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2] (1.海洋研究開発機構、2.Spotify USA Inc)

[PPS06-P12] 粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2] (1.総合研究大学院大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.日本大学)

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P14] Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1]、Vadim Vladimirovich Perepelkin[1]、Wai Yan Soe[1] (1.Moscow Aviation Institute)

[PPS06-P15] ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P16] 成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P17] **ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions**

*Corentin LOUIS[1,2,3]、Sebastien L. Hess[4]、Baptiste Cecconi[2,3]、Philippe Zarka[2,3]、Laurent Lamy[2,3]、Stéphane Aicardi[5]、Alan Loh[2] (1.IRAP, Toulouse、2.LESIA - Observatoire de Paris、3.USN, Observatoire de Paris、4.ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France、5.DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France)

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

*Qingyun Deng[1]、Fei Li[1]、Jianguo Yan[1]、Zhiyong Xiao[2] (1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University、2.Planetary Science Institute, China University of Geoscience)

[PPS06-P19] Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand [1]、Mayank Sharma[1]、Rahul Dev Garg[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[PPS06-P20] Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1]、Irina Michailovna Ryabikova[2] (1.Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university、2.Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university)

[PPS06-P21] **The consequences of Saturn's "ring rain"**

*James O Donoghue[1,2]、Luke Moore[3]、Jack Connerney[4,1]、Henrik Melin[5]、Tom Stallard[5]、Sean Hsu[6]、Steve Miller[7]、Kevin Baines[8] (1.NASA Goddard Space Flight Center, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan、3.Boston University, USA、4.Space Research Corporation, Maryland, USA、5.University of Leicester, UK、6.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA、7.University College London, UK、8.NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA)

[PPS06-P22] **Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry**

*Shiblee Ratan Barua[1,2]、Paul Romani[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA、2.Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA)

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.放送大学教養学部)

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3] (1.防災科研、2.情報通信研究機構、3.徳島大学)

The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1], Fang-shii Ning[1]

1. National Chengchi University

Geocenter motion describes the difference of Center of Figure (CF) respect to Center of Mass of the Earth system (CM) due to the mass re-distribution and deformation of the Earth system. This is a factor that cannot be ignored in the maintenance of the high-precision terrestrial reference frame. As precision requirements and application demands in space geodesy increase, research on estimation of the geocenter motion become increasingly important as the key point to realize a reference frame with its origin fixed to the center of mass of the Earth system. In this study, GPS (Global Positioning System) observation data from IGS (International GNSS Service) and SLR (Satellite Laser Ranging) tracking data in the period of 2007 to 2016 are applied to estimate the coordinates of IGS sites on Earth’ s surface by using the GAMIT/GLOBK and Bernese software. Then, the Helmert transformation model is used to acquire seven parameters between the ITRF (International Terrestrial Reference Frame) reference frame and the CM reference frame. There are three parameters of them are related to the shift in three axes, which are the results of the geocenter motion. Afterwards, the geocenter motion time series are applied with the linear fitting method in order to obtain the amplitudes and phases along three axes of geocenter motion. The annual amplitude of X-, Y-, and Z- components between the years 2007and 2016 are 2.6± 0.2 mm, 4.1±0.2 mm, and 5.6±0.3mm respectively. The annual phase of X-, Y-, and Z- components are 72˚, 330˚, and 145˚ respectively. The accuracy of this study is significant improvement comparing to just using GPS or SLR technique only.

Keywords: Geocenter motion, Global Positioning System, Satellite Laser Ranging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化
Evolution of Pluto's surface albedo due to sublimation and condensation of ice

*松井 弥志[1]、木村 淳[1]
*Hisashi Matsui[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

2015年、冥王星に接近した探査機ニューホライズンズの観測によって、冥王星表面にH_2O, N_2, CH_4, COの氷が共存することや、その表面に氷の量の違いによる強い明暗のコントラストがあることが明らかになった。しかし、その明暗分布の起源については、いまだ明らかになっていない。

木星や土星の衛星における反射率変化を扱った先行研究では、日射による氷の昇華が氷天体表面の反射率変化に影響することが示されている。さらに冥王星はを主成分とする大気を持つことから、大気からの凝結も反射率に影響すると思われる。

このように、昇華や凝結などの氷の振る舞いが、冥王星表面の反射率変化に大きく影響している可能性がある。しかしこれまでのところ、その定量的な考察は行われていない。

そこで本研究では、冥王星表面の明暗分布の起源を探ることを目的として、様々な氷の昇華・凝結といった振る舞いと、表面の反射率の変化の関係を数値シミュレーションを用いて調べた。

モデルでは、明るい氷と暗い非氷物質が均一に混ざって存在し、その体積比に従った反射率を持つ表面状態を仮定した。続いて緯度ごとの日射量の変化と熱慣性を用いて表面温度を計算し、その温度における蒸気圧と大気圧の差から氷の昇華量を見積もった。昇華した氷は大気として存在し、表面温度が凝固点を下回った時には、大気から再凝結し表面に沈着する効果も考慮した。その上で、微小隕石衝突などによって表面が継続的に混合されると考えられる深さまでに含まれる氷と非氷物質の体積比から、次の時間ステップの表面の反射率を計算した。この過程を繰り返し計算することで、冥王星表面の反射率の時間変化を調べた。

その結果、巨大衝突のような特定のイベントを考えなくても、自転軸の大きな傾きから生じる緯度ごとの日射量の違いによって、現在の冥王星表面に見られる反射率分布の傾向を説明できる可能性があることが分かった。

キーワード：冥王星、反射率
Keywords: Pluto, Albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由

Origin of the moon, Reason why Moon is always facing to Earth, Origin of Moon Sea, reasons why there is no Ocean behind Moon

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

太陽系で，惑星起源の謎を検証する方法（進化の創造的推論）は，物理的に意味のある仮説を用いて，進化の複数結果を全て統一的に説明できる事であり，一度しか起きない進化を利用した検証と云える.

初期条件も不明で，再現実験の出来ない現状から，起源への**ミッシングリンク**を推測する由一の方法手ある.

月の起源（２０１４ U０６-P２４），でマルチインパクト仮説のモデルで月形成の必然起源説を述べた.

追加として，木星大赤斑の起源，小惑星帯の起源，地球分化隕石の起源，地球深海洋底の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，冥王星の起源，ダイヤモンドパイプの起源，コア偏芯の起源も述べた、

新たに月が常に地球を向いている起源，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由は,右下の図の様に射出された地球マントルは内部程密度か大きく,月が偏芯することで表側に重い玄武岩が多く溶融カバーした地殻に隕石衝突して月の海が形成された.裏側に隕石が落ちても同じ地殻物質なら変化がない.地球と月の共通重心の周りを巴回転すると常に重い側を中心(地球)に向けて公転する.もちちろん地球は誕生から自転しており,衝突により更に加速し回転している.

Y. Toda and Y.阿部は、特別なメカニズムは不要であり表側と裏側の**ランダムな衝突数N**の差として説明でき,その結果として地殻のアンシンメトリーの確立後に月の潮汐ロックが起きる仮説[2]を述べている。しかし,そのN数差の原因を述べていないので結果論に過ぎない。

今までの月起源仮説は,*分化した火星が恣意的な角度と速度で偶然の衝突でマントルだけの月が,地球半径Reの三倍の軌道位置に形成されたシミュレーションデあった.*

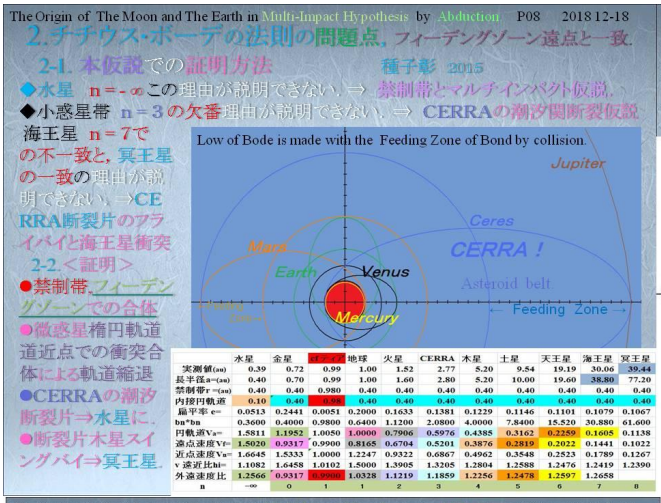
このマルチインパクト仮説ではボーデの法則で小惑星帯位置に形成された火星サイズの分化した原始惑星が,その外側に形成された木星の重力による摂動で,木星近点側に偏平化したCERRAが,太陽と木星の引力等分点で断裂し**シューメーカーレビ彗星の様にトレーンマントル偏烈片と成り**楕円軌道を周回する.地球軌道との交点で地球に時間差衝突する.此の時の角度と速度は計算できて,最初の衝突で太平洋と偏芯した月が,現在の月軌道エネルギー60・Reの位置に形成される.木星に衝突した破片は大赤斑と成り,破片のマントルは小惑星帯の起源と成った、アイソスタシーで**深さ五kmの深海洋底**の起源と成り,複数の衝突は生物種大絶滅の起源と成った.**テチス海形成**の高緯度衝突は,地軸傾斜と駆動方向の急変とプレート移動の引き金と成り,南極大陸は地軸のセンターに移動して不変と成った.環太平洋弧状列島と背弧海盆も**アイソスタシー**で説明できる.

一度だけの進化の結果を**一つの仮説モデル**で*約17項目の現状*を統一的に説明できる事は, **進化の必然結果**を用いて, **ミッシング・リンク**を検証できたと云える. より良い**仮説**が示されるまでは, **暫定モデルとしてはベスト**と思われる. 以上、

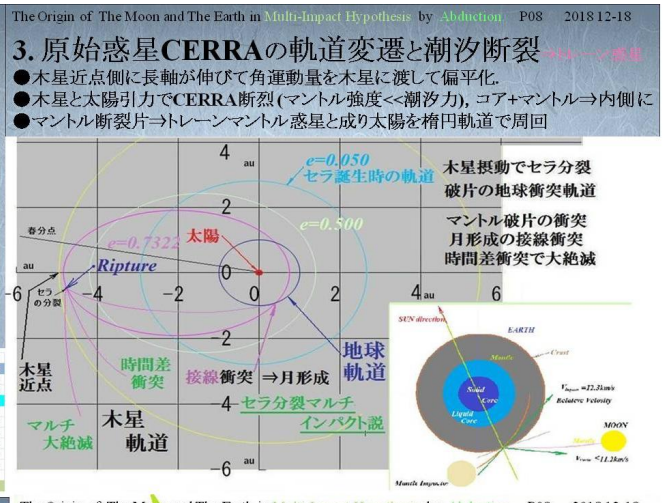
S-CG61,U-08,S-SS12,**P-PS06**,P-PS07 にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

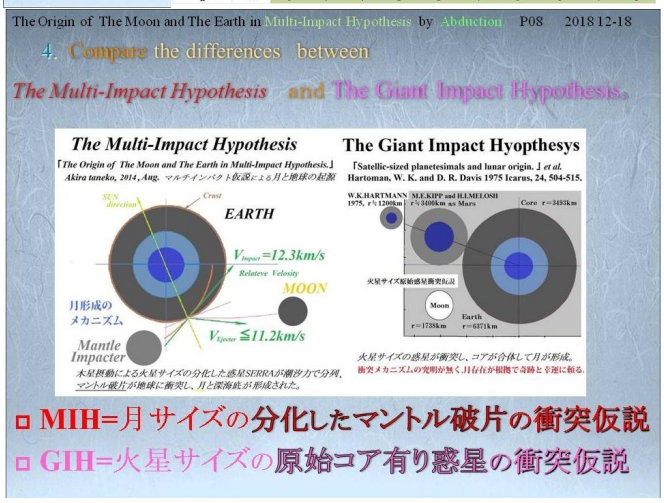
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

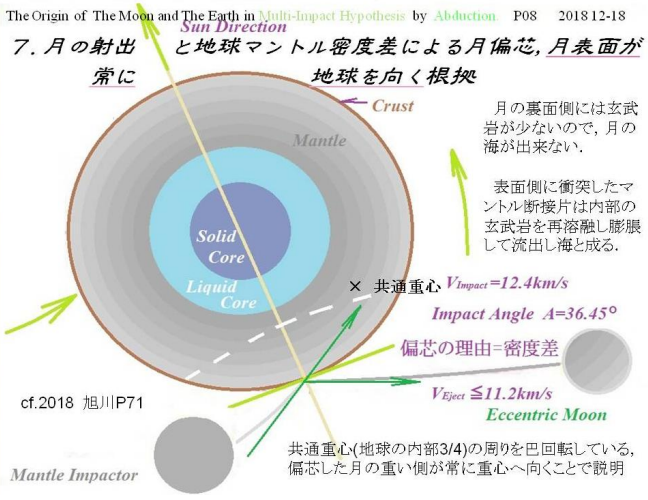
キーワード：月の起源、進化の結果を利用したアブダクションによる検証、月が常に地球を向いている起源、月の海の起源、月の裏側に海が無い理由
Keywords: Origin of the moon, Verification by Abduction using evolution results, Origin the moon is always facing the earth, origin of the moon sea, reasons why there is no ocean behind the moon



	水星	金星	地球	火星	CERRA	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
実測値(au)	0.39	0.72	0.99	1.00	1.52	2.77	5.20	9.54	19.19	30.06	39.44
長半径a=(au)	0.40	0.70	0.99	1.00	1.60	2.80	5.20	10.00	19.60	38.80	77.20
禁制帯r =(au)	0.40	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
内接円軌道	0.10	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
扁平率 e=	0.0513	0.2441	0.0051	0.2000	0.1633	0.1381	0.1229	0.1146	0.1101	0.1079	0.1067
bn*bn	0.3600	0.4000	0.9800	0.6400	1.1200	2.0800	4.0000	7.8400	15.520	30.880	61.600
円軌道$V_{n=}$	1.5811	1.1952	1.0050	1.0000	0.7906	0.5976	0.4385	0.3162	0.2259	0.1605	0.1138
遠点速度$V_{F=}$	1.5020	0.9317	0.9900	0.8165	0.6704	0.5201	0.3876	0.2819	0.2022	0.1441	0.1022
近点速度$V_{n=}$	1.6645	1.5333	1.0000	1.2247	0.9322	0.6867	0.4962	0.3548	0.2523	0.1789	0.1267
v 遠近比h=	1.1082	1.6458	1.0102	1.5000	1.3905	1.3205	1.2804	1.2588	1.2476	1.2419	1.2390
外速速度比	1.2566	0.9317	0.9900	1.0328	1.1219	1.1859	1.2256	1.2478	1.2597	1.2658
n	-∞	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8







©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果からアブダクションで検証する理論モデルを「マルチインパクト仮説」で，提案，

cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

Proposed the Good model to verifyOrigins of Solar System (Planet, Asteroid belt, Earth, Moon) *with "Multi Impact Hypothesis ",*from 16' results of one time Evolution *by Abduction.*

cf. Simulation is an example by Abduction from 1.

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

今まで**太陽系の起源の探究**を***帰納法や演繹法***で行ってきたが，**過去まで時間を遡れない為に,真理の探究**は**遅々として進まなかった.** 理論は詳細な実験の結果だけを複数の結果を説明する事で法則を検証してきた．
初期状態は不明で**再現実験の不可能**な**起源仮説の検証**は,現実に***一度限りの進化は起きた***ので，***現状と云う*太陽系の惑星や特に地球や月の複数の特徴**の**全て**を***統一的***に説明するAbductionと云う**方法**で検証できる。

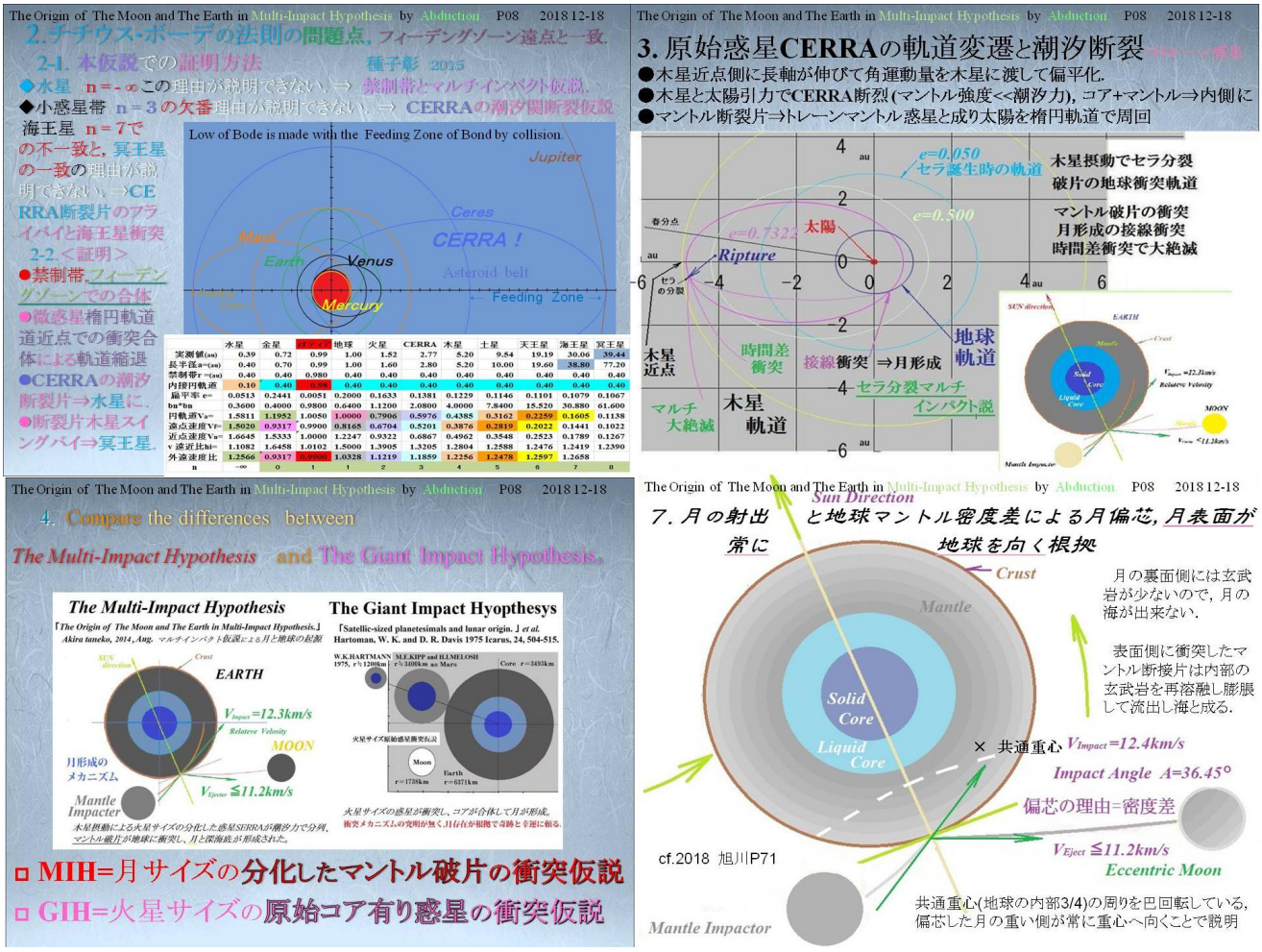
今までの月の起源仮説**「ジャイアントインパクト仮説」**は**マントルだけの月**をつくる**シミュレーション**であり，それ**以外の月の特徴は一つも*説明できなかった.*** アブダクションで云えばN=1の例証でしか無い、
しかし，**「マルチインパクト仮説」**は，**成分がマントルである月の起源**だけでなく，**月の軌道エネルギー**(60・Re)や，**月の偏芯**(常に**表面**が地球を向く)，**月の海の起源，月の裏面**に**海**が無い***理由も説明できた.***

更に月の起源仮説でありながら，**太陽系の他の特徴，小惑星帯の起源**や**分化した地球隕石の起源，地球の海(60%>,5km深さ)の起源，プレート境界の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，環太平洋孤児洋列島と背弧凹海盆の起源，プレート相互の重なりの起源，地軸傾斜の起源，ダイヤモンド鉱山の起源，バンアレン帯偏芯の起源，ティチス海の起源，地軸傾斜の起源，プレート移動方向急変の危険，生物種大絶滅の起源，木星大赤斑の起源，水星コアリッチの起源，冥王星の起源，アルプスとチベット高地の起源，大陸移動説の起源**まで統一的に説明できる事で，アブダクションとして検証できたと云える．特に，アイソスタシーによる平均5kmの深海底形成と，**アセノスフェアによるプレートのエアーホッケー状態は，慣性能率の偏芯による地球プレートの駆動力であり，*CERRA断裂による*CERRAマントル**の**トレーン小惑星**と成り，地球軌道との交点での衝突は，**月の射出と地球マントル欠損**であり，複数の海の起源であり，**生物種大絶滅の起源**でもある．地球マントルの亀裂はプレート境界の起源であり，**環太平洋背弧凹海盆はプレート重なりの起源**でもある．**高緯度衝突は地軸傾斜の起源**であり，***南極大陸が地軸へ収まり不動と成る事***が**駆動力の検証**でもある．
太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を，一度限りの進化の*複数(16)結果*からアブダクションで検証する理論モデルを提案した．特に地球への**衝突速度と角度*(12.4km/s，36.4度)***と**月軌道エネルギー*(60・Re)***を示せたことは特筆に値する．ついでに**フィーデングゾーンとボーデの法則**も示せた．**理論モデル**と**アブダクションの勝利**である．

S-CG61,U-08,S-SS12,P-PS06,**P-PS07** にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：マルチインパクト仮説、アブダクションで検証、太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源、一度限りの進化の複数(16)結果、起源の検証方法
Keywords: Multi Impact Hypothesis, Verify with Abduction, Origin of the Solar System (Planet, Asteroid Belt, Earth, Moon), Multiple (16) results of one time evolution, Method of verifying Origin



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入
Quantitative evaluation of the cumulus convection schemes for the implementation into the Paleo Martian Global Climate Model

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1]
*Katsushige Toriumi[1], Arihiro Kamada[1], Takeshi Kuroda[1,2], Naoki Terada[1], Yasumasa Kasaba[3], Isao Murata[1], Hiromu Nakagawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2. 情報通信開発機構、3. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター
1. Tohoku university, Geophysics, Planetary Atmospheric Physics, 2. NICT, 3. Tohoku university, Geophysics, Planetary Plasma and Atmosperic Research Center

火星では流水活動を示す地形が多数発見され、38億年程度前の火星は液体の水が長期に渡って存在できる環境だったことが示唆されている。一方、当時の太陽放射強度は現在の70-80%程度であったとされ(暗い太陽のパラドックス)、強い温室効果をもつCO_2が2〜7bar程度存在したとしても、流水環境を生み出すために前提となる温暖な環境を維持することは難しいことが幾つかのモデル研究で示されてきた[e.g. *Kasting*, 1991;*Forget et al.*, 2013]。

我々は、太古の海洋存在下における水蒸気や雲による放射効果、土壌熱力学、海洋熱力学、水文過程を考慮に入れた火星古気候モデルを新たに開発し、液体の水が存在可能な温暖な火星環境および大部分の流水地形を再現することに成功してきた[Kamada et al., submitted to Icarus]。しかしこのモデルでは、サバエア大陸の高地などの一部の地域で流水地形が再現されていない。この原因としては、タルシス山地の形成前後による風系の変化、氷河流の未考慮などの要因が考えられる。その中の一つとして、このモデルにおける降水過程は大規模凝結のみを考慮し、積雲対流効果を考慮に入れていないことも考えられる。積雲対流効果は、大気の成層不安定状態を対流活動により解消し、対流性の降水を発生させるため、降水の地域分布と量に影響を与えうる。

本研究では、火星古気候モデルに積雲過程を表現するため、Kain-Fritsch スキーム[*Kain and Fritsch,* 1993]の導入を試みていく。このスキームは、格子中の積雲の効果をひとつの積雲の生成・成長・衰退に代表させて成層不安定性を解消させるものである。地球の大気大循環モデルにおいて広範に用いられている Relaxed Arakawa-Schubert スキーム[*Moorthi and Suarez*, 1991]は、格子中に異なる雲頂をもつ複数の積雲を扱えるが、雲質量フラックスを導出する過程などで地球での観測を考慮した単純化を行っており、このまま古火星に適用できるかは自明ではない。一方でKain-Fritsch スキームは、地球の経験的仮定に依存せず積雲の鉛直構造を直接計算する点で、火星古環境モデルにはより適していると考えられる。このスキームはアンサンブルという点ではRelaxed Arakawa-Schubert スキームには劣るが、将来的に高分解能を目指すのであれば、高分解能で精度の高いこのスキームを導入することには意義があると考える。最終的には、火星古気候モデルを高分解能（鉛直、水平共に）で回し、積雲対流モデルを導入した火星古気候モデルの妥当性、また水蒸気などの大気成分の長期的な輸送やかき混ぜから、流水地形に及ぼす影響を考察していく。

まず、観測データが多く、数値実験に基づいた理解も進んでいる地球の条件を設定したGCMにおいて、Kain-FritchスキームとRelaxed Arakawa-Schubertスキームによる雲構造や、熱収支、降水効果への影響の定量的な比較を行った。ここでの気温や降水量の外観的な結果は、両者で類似したものになると想定されたが、実際の計算結果では雲構造ではKain-Fritchスキームの方が低高度に広範囲の雲ができた。これは両者のデトレインメントの違いによるものであり、Kain-FritchスキームはRelaxed Arakawa-Schubertスキームよりも低高度で多くデトレインメントが起きていることが原因だと考えられる。次いで、このモデルに与える大気圧、大気組成、太陽フラックス、地形などをKamada et al. [submitted to Icarus] で適用した過去火星環境条件（0.5 –2.0 bar のCO_2大気）へ変更し、積雲対流スキームが作り出す雲構造の解析と水蒸気輸送の変化を、積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雲対流スキームがない場合と比較し定性的・定量的に評価する。本講演では、この試行結果の総括および今後の展望について報告する。

キーワード：火星、GCM、バレーネットワーク
Keywords: Mars, GCM, Valley Networks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]
*shinichiro kojima[1], Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2]

1. 大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 北海道大学 創成研究機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Creative Research Institution, Hokkaido University

From spacecraft observations and interior thermal modeling, Ganymede has been expected to possess a global ocean beneath its ice shell. To confirm an existence of the ocean, the JUICE (JUpiter ICy moons Explorer) mission has been prepared by ESA (The European Space Agency) and the spacecraft will be launched in 2022. After arriving at Jupiter system, the JUICE spacecraft is going to make several flybys Europa and Callisto and finally will orbits around Ganymede. During orbiting around Ganymede, the spacecraft will obtain several kinds of scientific data, for instance, surface topography from GALA (GAnymede Laser Altimeter) and surface images from JANUS (camera system). These data will provide important information about the tidal responses of Ganymede.

The tidal responses, e.g., tidal deformation and rotational variation, are caused by the gravitational force of other bodies such as a mother planet. The rotational variation includes libration, obliquity variation, nutation, and precession. In this study, we focus on the libration which is a spin rate variation caused by a torque acted on the aspherical degree-2 order-0 shape of the satellite. The libration changes the centrifugal force of a satellite and affects the tidal deformation. Inversely, tidal deformation affects the aspherical shape of the satellite.

Although Van Hoolst et al. (2013) has modeled the interaction of the tidal deformation and the libration, their tidal deformation models were simplified. In order to estimate an actual libration, we model 5-layered Ganymede interior and use the visco-elastic tidal deformation model constructed by Kamata et al. (2016). Our interior model consists of five layers, which have a homogeneous density and rigidity in each layer. The viscosities of the ocean, the high-pressure ice mantle, the rock mantle and the metallic core are homogeneous in each layer, and the viscosity of the ice shell is not homogeneous and depends on a radial temperature variation.
As a typical case, we use interior parameters which are the ice shell thickness of 155 km, the ice shell density of 940 kg/m^3 , the ocean thickness of 1 km, and the ocean density of 1050 kg/m^3 . Then we also use the three sets of a shell rigidity and a shell viscosity (1) 0.1 GPa and 10^{12} Pas, (2) 0.1 GPa and 10^{17} Pas, and (3) 10 GPa and 10^{17} Pas, respectively. The results for the libration amplitude are 34.1 m, 34.1 m, and 37.5 m respectively. As a conclusion, our calculation of the visco-elastic libration infer that the reference viscosity of ice (temperature-dependent viscosity of ice at a melting point) doesn’ t affect the amplitude of the shell libration. The ice rigidity affects the amplitude of the shell libration of order of a few meters.

キーワード：ガニメデ、潮汐変形、秤動
Keywords: Ganymede, tidal deformation, libration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1]
*Horikawa Kazuhiro[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学理学部
1. Kobe University Faculty of Science

We studied the impact strength of weak brittle materials changing the strength continuously from 40kPa to 800kPa, and found that the impact strength could be well scaled by using the non-dimensional impact strength.

Asteroids are believed to be constructed from various materials based on the long-term study related to meteorites. The components of S-type and C-type asteroids could be composed of chondrules and matrix; the chondrules are sub-mm size glass spherules and the matrix could be micron-size fine grained materials such as phyllosilicates and lithic fragments etc. Moreover, these components could have a wide range of porosity inside because they might be residual pore during the compaction process of planetesimals or relics of water ice or volatiles escaping from these bodies. Impact strength is one of the most important physical properties of asteroids because it could control the evolution of the size-frequency distribution of asteroids at the asteroid belt. The impact strength strongly depends on the asteroid size and it is dominated by the material strength at the size smaller than 100m, so that the impact strength should be determined by the laboratory experiments. Therefore, a lot of research have been conducted for rock, ice, and porous materials to investigate the material dependence, however the impact experiments using the target with the strength continuously changed have been hardly conducted so far. Then, we prepared the targets simulating asteroids composed of chondrules, matrix and pore and changed the internal structure of the target such as matrix ratio and porosity; the tensile strength was changed more than one order of magnitude, then we studied the relationship between the internal structure and the impact strength.

Impact experiments were conducted by using two-stage light gas gun at Kobe University, and we used a polycarbonate projectile with the size of 4.7mm and a nylon projectile with the size of 2mm and they were lunched at the velocity from 0.9km/s to 5.7km/s. The impact was conducted at a head-on collision. A spherical target with the size of 60mm were prepared by using quartz sands with the size of 100 μm and porous gypsum, and they are mixed with various mass ratio of quarts to gypsum from 2:1 to 8:1. The tensile strength of these materials (Y_t) was measured by using Brazilian test and it was found that the tensile strength changed from 40kPa to 800kPa with the increase of the gypsum mass ratio. The impact disruption was observed by a high-speed camera at 10^5fps.

The impact strength (Q*) was determined by using a largest fragment mass for each shot, and Q* was found to change from 400J/kg to 1900J/kg with the increase of the gypsum mass ratio. This means that the Q* is directly proportional to the tensile strength. However, the ejection velocity at an antipodal point (v_a), which was measured by using high-speed images, showed the almost similar results, irrespective of the tensile strength. A non-dimensional impact strength (P_I) is defined as the ratio of the target tensile strength to the antipodal pressure such as P_I=Y_t/P_a, where P_a is calculated by ρ C_b v_a/2. This P_I was proposed to scale the target with the different tensile strength. Then, the relationship between the largest fragment mass and P_I was examined to discuss the P_I scaling law for the catastrophic disruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We found that P_I is able to scale the largest fragment data very well, and this might mean that P_I could be applicable to asteroid components composed of weak brittle materials.

キーワード：衝突破壊、強度、衝突破壊強度
Keywords: collisional disruption, strength, impact strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1]
*Ryosuke Yagi[1], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Planetary Atmospheric Physics Group, Tohoku University, Japan

The purpose of this study is to investigate the evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere. Not only hydrogen and oxygen but also carbon escape to space is considered in this study. The early Martian atmosphere was influenced by a stronger Sun’ EUV radiation than today. The escape parameter, defined as the ratio of the gravitational potential to kinetic energy at a given altitude, could be small enough to allow massive escapes of these species under such a strong radiation. For example, the escape parameter of atomic carbon in the Martian atmosphere was estimated 0.8 times smaller than that of atomic oxygen and both densities at the exobase level were comparable at 4.1 Gyr ago (Tian et al., 2009). Hence, we consider that in early Mars, thermal escape of atomic carbon could be stronger than atomic oxygen, and oxygen dissociated from CO2 was left behind in the atmosphere. Assuming that the escape rates of atomic carbon and atomic oxygen were in the same proportion, we get results that carbon disappeared in 5 Myrs from 1 bar of CO2 atmosphere and only 0.4 bar of oxygen atmosphere remained around 4.2 Gyr ago. On the other hand, it was suggested that the Martian atmosphere about 3.5 Gyr ago could have several mbar or more of oxygen partial pressure(Noda et al., 2018). In the present study, we have developed a 1-D photochemical model of the early Martian atmosphere to investigate the evolution of the atmospheric composition, in particular from 4.2 to 3.5 Gyr ago. This model includes not only the effect of escapes of hydrogen, oxygen and carbon but also that of deposition to surface and degassing. In this presentation, we will show the influence of the atomic carbon escape to the evolution of oxygen partial pressure left behind in the early Martian atmosphere.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1]
*Takumi Nagano[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], masato nakamura[1], Fumiya Nagatomo[1]

1. 神戸大学理学部
1. Faculty of Science Kobe University

We studied the dependence of physical properties of planetesimals on the impact strength in the gravity regime, then we made laboratory impact experiments by using a Flash X-ray for porous gypsum and dry clay simulating planetesimals in order to obtain the relationship between impact fragment masses and ejection velocities.

The impact strength of planetesimals is one of the most important physical properties to clarify the planetary accretion process and the formation process of proto-planets and asteroids. Thus, the impact strength in the strength regime applicable to planetary bodies smaller than 100 m has been mainly studied in laboratory experiments. However, the impact strength in the gravity regime applicable to planetary bodies larger than planetesimals has been studied only by numerical simulations, and their results are not consistent with each other. Furthermore, recent numerical results conducted by Jutzi (2016) showed us that the material properties such as friction, cohesion and porosity affected the impact strength in the gravity regime drastically. Then, we made laboratory impact experiments to elucidate the material dependence on the impact strength in the gravity regime.

In order to determine the impact strength in the gravity regime by the laboratory experiments, we should obtain the relationships between the impact fragment masses and the ejection velocities, and especially, the fragments ejected from the interior of the disrupted target must be observed to construct the velocity −mass relationship for all the fragments. Then, we introduced 3 sets of flash X-ray generators and imaging plates to take transmitted X-ray images of a target with 3 mm steel balls arranged in it. These steel balls were used as makers of the motion of impact fragments, and the time sequence of these balls were observed by using X-rays to analyze the local velocities of the target’ s interior.

Impact experiments were conducted by using a polycarbonate projectile with the size of 7mm at the velocity of 2 −5 km/s, and the projectile was impacted on a spherical target with the size of 6 cm in a head-on collision. We used porous gypsum targets with the porosity of 50% and the tensile strength from 1 to 2 MPa and dry clay targets with the porosity of 48 % and the tensile strength different from the porous gypsum. All the targets were catastrophically disrupted into the largest fragment mass less than 0.2. As a result, we determined an upper limit of ejection velocities having a half mass of the target for each experiment, and we defined this upper velocity as a median velocity of V*. So, we studied how V* depended on the energy density, tensile strength and porosity, then we found that V* increased with the energy density for both targets. Moreover, we found that it strongly depended on the target porosity when it was compared with the previous result for the frozen clay with the similar tensile strength but without porosity, the V* for porous gypsum reduced to be 1/3 for the frozen clay. The V* for the dry clay was almost similar to that for the porous gypsum, thus this might mean that the tensile strength does not affect the V* even for the porous target.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：破壊
Keywords: Destruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動
Charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4]
*Kosuke Kurosawa[1], Takanori Iwasawa[2], Satoshi Okuzumi[2], Sunao Hasegawa[3], Takayuki Muranushi[4]

1. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、2. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 理化学研究所 計算科学研究機構
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3. ISAS, JAXA, 4. AICS, RIKEN

We studied the charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts to access the energy partitioning from the initial kinetic energy to the electrostatic one having the ejecta curtain. We conducted both hypervelocity impact experiments and numerical calculations. The impact experiments were done at ISAS/JAXA hypervelocity impact facility. A vertical gun was used to use granular materials as a target. High-speed video cameras for the visible and infrared were used to observed an impact-generated ejecta curtain. Any light sources were not used in this experiment. We constructed a numerical model by combining the iSALE shock physics code and the REBOUND N-body integrator. The processes of impact ejection under the conditions similar to the laboratory experiments were solved by the iSALE. The time at the ejection, ejection velocity, and the launch position of each particle was extracted as a txt file. Then, the txt file was imported in the REBOUND as a input file. At this time, we added random velocities to simulate the velocity dispersion. Although the dispersion would be inevitably added to each ejected particles in nature, it cannot be modeled in the hydrocode. The absolute magnitude of the random velocity was treated as a free parameter. Subsequent particle motions under the Earth’s gravity field and the resistance force by the surrounding air were calculated. The decceleration due to inelastic collisions and charge transport between particles were included into the calculations. The restitution coefficient was also treated as a free parameter. The degree of charge separation was given by an empirical law proposed by the previous experiment. The results are summarized as follows; (1) We did not observe a large-scale discharge in an ejecta curtain under the experimental condition, (2) we observed a number of bright points along with an produced-ejection flow, (3) we observed a mesh pattern in the ejecta curtain as well as a previous study, (4) we reproduced the mesh pattern in the REBOUND when we chose the degree of the random velocity to be 5-15% of the ejection velocities at the restitution coefficient of 0.8, (5) mutual collisions between granular particles cease at the early stage of the growth of the ejecta curtain, (6) the end time of the mutual collisions depends on the atmospheric pressure, and (7) the empirical law pertaining to the charge separation yields an unphysically-high electrostatic energy. In the presentation, we will present the current status of our research development and discuss the future plans.

Acknowledgements:We thank the developers of iSALE, including G. Collins, K. Wün- nemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausen. We also appreciate the developers of REBOUND, including Hanno Rein, ShangfeiLiu, David S. Spiegel, Akihiko Fujii, and Dan Tamayo.

キーワード：天体衝突、放出物カーテン、電荷移動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Hypervelocity impacts, Ejecta curtain, Charge transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

Nonlinear outcome of gravitational instability in irradiated protoplanetary disks

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2]
*Shigenobu Hirose[1], Jiming Shi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. Spotify USA Inc
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Spotify USA Inc

シアリングボックスにおける３次元輻射流体力学シミュレーションを用いて、中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展を、中心星からの距離rと面密度Σからなるパラメータ空間で調べた。どのパラメータでも、初期条件とした層流からはまず軸対称密度波が現れるが、自己重力の度合いは、rが大きくしたがって冷却時間が短いほど、あるいはΣが大きいほど、大きくなっている。この密度波はある程度成長すると非軸対称モードに対して不安定化して分裂し、最終的には、熱的なバランスが取れた重力乱流状態になるか、自己重力で束縛されたガス塊が形成される。その境界は、r-Σ空間において、r=75 AUと、$\Sigma=\Sigma_{0.2}$（初期のToomre Q値が0.2に相当するΣ）に見られる。前者は、冷却時間が$1/2\pi$回転周期にまで減少する半径に相当し、それを超えると冷却と加熱のバランスが取れなくなるため、ガス塊が形成される。この半径近傍では、たとえ一旦重力乱流状態になったとしても、その冷却時間の短さから密度の振幅が大きくなるため、いずれガス塊の形成に至る可能性が高い。一方、Σが後者の値を超えると、初期の層流が重力的にあまりにも不安定なため、半径（すなわち冷却時間の長短）にかかわらず、必然的にガス塊が形成されることになる。このように、原始惑星系円盤における重力不安定によるガス天体形成には、二つの異なる経路があり得る。なお、形成されたガス塊の中心への質量集中が大きく、温度が水素分子の解離温度を超えると、逃走的収縮が起こる。

キーワード：原始惑星系円盤、重力不安定、流体力学シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disks, Gravitational instability, Hydrodynamics simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用
Rheology of clay paste and application to the investigation of formation process of surface topography on the Mars

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2]
*Chihiro Uemura[1], Takahiro Iwata[1,2], Akio Nakahara[3], Yosuke Matsuo[3], Tomohiro Usui[2], Rina Noguchi[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 日本大学
1. SOKENDAI, 2. ISAS/JAXA, 3. Nihon Univ.

火星表面には水が関与して出来たとされる地形が多く存在する。中でもRSL(Reccuring Slope Lineae)は現在でも季節変化によって発生・消失を繰り返し、水の関与が強く示唆される地形である。この形成要因については、砂が流れることで形成されるという説も存在し、未だ議論が収束していない。

水が流れる時は、周囲の土砂を巻き込み、ペースト状態となる。このペーストは興味深い性質を持ち、惑星科学だけでなく物理的にも研究の対象となっている。ペーストは粒子間に働く力の種類によって引力系、斥力系の2種類に分けられる。このうち、斥力系の粒子のペーストについてはよく調べられて来た。一方、粒子間には引力が働く系の性質については未だ明らかではない。しかし、火星表面にも存在する粘土鉱物は引力の働く系であり、粘土ペーストの流動性(レオロジー)は火星表面地形を理解する上で、重要である。また、RSLのように温度依存性が示唆される地形も存在することから、本研究では特にレオロジー(降伏応力、粘性率)の温度依存性に注目し、引力系ペーストの性質を調べる実験を行なった。

<実験方法>

粘土鉱物と同じく、粒子間に引力の働く炭酸水酸化マグネシウムを使用した。測定にはレオメーター(Anton Paar, Physica, MCR-301)を用いた。二重円筒型の流路を使用し、ペーストに対して時間とともに線形的に増加するせん断応力をかけた時に得られるせん断速度を測定した。異なる5通りの固相率のペーストに対し，0℃～75℃まで25度刻みで4つの温度について各4回ずつ測定を行い、得られたデータから降伏応力及び粘性率を求めた。

<結果>

通常の弾塑性体の降伏応力は温度の上昇に伴って減少するが、本研究では引力系ペーストにおいては降伏応力は温度の上昇に伴って大きくなるという逆の結果が得られた。理論モデルの解析により斥力系ペーストでは降伏応力は絶対温度に比例して増加するとの予測はあるものの、引力系ペーストの降伏応力の増加率は斥力系ペーストの理論予測をはるかに上回ることを示した。

粘性率については降伏応力とは異なり、通常の粘性流体と同様に温度の上昇に伴い粘性率が減少する傾向が見られた。これは、温度の上昇に伴い、溶媒である水の粘性率が低下する影響であると考えられる。

<考察>

実験結果から引力系のペーストのレオロジーは斥力系よりも強く温度に依存することがわかった。この原因として、温度変化に伴い、(1)粒子の電荷が変化(2)粘性の変化などの要因が考えられる。今後、実験・シミュレーションを通して明らかにしていきたい。

また、将来的にはこれらの実験結果を火星地形に適用し、形成要因へ制限をつけたい。そのためには、火星環境では実験結果がどう変わるのか等検討していく必要がある。

キーワード：火星、RSL、レオロジー、降伏応力、粘土ペースト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Mars, RSL, rheology, yield stress, clay paste

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈
An Explanation for Physical Mechanism of the Streaming Instability

*金子 寛明[1]
*Hiroaki Kaneko[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institude of Technology

惑星は、固体微粒子が集まって形成された大きさ数kmないし数十kmほどの微惑星という天体を経て形成されると考えられている。しかし，数十 cmサイズのダストは1 auの位置から100年ほどの極めて短いタイムスケールで中心星に落ちてしまう。このダストの落下問題によって微惑星形成は困難とされる中、Youdin & Goodman (2005)(YG05)が発見したダスト・ガスの二流体の線形不安定 “Streaming Instability” (SI) によるダスト密度上昇とそれに続く自己重力崩壊が微惑星形成の一つの可能性として考えられている。SIについては線形および非線形の数値計算がされていて不安定が存在することは確かであるものの、分散関係式が高次に及ぶこともありメカニズムは難解である。Jacquet, Balbus, & Latter (2011)(JBL11) はterminal velocity approximationを用いた連続の式の変形から、その解釈を試みている。その説明は次のようなものである。

1. ガスの高圧の部分にダストが溜められる。

2. ダストはガスを引きずって、この高圧の部分にガスを集める。

3. 高圧部の圧力がさらに強まり、不安定が成長する。高圧部では圧力勾配によってガスは分散しようとするが、コリオリ力とダストによるドラッグが地衡風平衡を保っている。

この説明では赤道平面内でメカニズムが完結しているが、 YG05では鉛直方向の移流のほうが半径方向よりも卓越していて、かつ、密度の極大に向かっているとあり、JBL11の説明には疑問が残る。

本研究ではYG05が用いているTerminal velocity approximationによって簡単化された分散関係式の解析を行い、ダスト密度やガス圧力、ダストの半径方向、鉛直方向の速度の揺らぎについて成長する波の成分の位相関係を計算する。これにより、JBL11とは異なり、鉛直方向の運動も考慮したSIのメカニズムの説明を考える。

本研究で得たSIのメカニズムは以下の通りである。

1. 基本場としてガスはダストから角運動量を受け取り、中心星より遠方へと運動する。ダスト密度に濃淡があると、ダスト密度の違いによってガスへの角運動量の供給に違いが生じ、半径方向にガス圧力の揺らぎができる。

2. 高圧部からは鉛直方向にガスが流出し、低圧部にはガスが流入する。ダストもこれに引きずられ、同様に高圧部から流出、低圧部に流入する。

3. ダスト密度の揺らぎの位相は中心星方向に進む。ダスト密度の極大はガスの低圧部へと向かい、そこで鉛直方向から流入するダストと合流し、ダスト密度の揺らぎの振幅が大きくなる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

この説明は，線形解析で得られる揺らぎの動きを全て矛盾なく捉えていることはもちろん，物理的にもわかりやすいものであると思われる。

キーワード：ストリーミング不安定、原始惑星系円盤、微惑星形成、流体力学、線形安定解析
Keywords: Streaming Instability, protoplanetary disk, protoplanetesimal formation, hydrodynamics, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1], Vadim Vladimirovich Perepelkin[1], Wai Yan Soe[1]

1. Moscow Aviation Institute

The variation of the Chandler and annual components of the polar motion are of a significant interest in the Earth pole oscillatory process research. Generally these variations are quasiperiodic. But some regular oscillations can be isolated from it that correspond with the basic periods of the lunar motion. Here we discuss the theoretical assumptions of the observed effect as well as the experimental rules that illustrate the relationship between the Earth pole oscillations and the lunar motion.
The complex process of the Earth pole oscillations includes components with frequency and amplitude that differ significantly from each other. Processing the pole motion observations over the last 100 years result in statistically convincing definition of the main characteristics in its oscillatory process. Basic components in the Earth pole motion are Chandler wobble, annual oscillation and also polar motion's trend. Observed Earth pole oscillations have a wobbling character. The trajectory of the pole on the Earth surface is a winding and unwinding spiral with a period of about six years.
Actual problem that was stated by P. Melchior (Melchior, 1972) about the instability in the basic components parameters of the Earth pole is still not sufficiently explored. This problem is connected with the exploring the celestial-mechanics' and geophysical causes of such behavior in the Chandler and annual components, and also with the construction of the refined models of the forecasting the Earth orientation parameters for long time intervals.
In this work along with the common methods of the separating the pole oscillation process into the Chandler and annual components we suggest an approach to the resulted Earth pole trajectory research. For the purpose of analyzing the nonstationary resulted pole motion a perturbed trajectory is isolated. For the unperturbed trajectory a “mean” one is chosen –the Earth pole trajectory where the Chandler and annual oscillation parameters have mean values.
The differential equations for the amplitude a and phase ψ of the Earth pole modulation motion can be derived from the dynamical Euler–Liouville equations of Earth motion around its center of mass (Markov, Perepelkin et al, Astronomy Reports, 2018 and Markov, Perepelkin at al, Doklady Physics, 2017).
It is shown that the significant impact into the variations of the basic pole oscillation components is given by the long-term perturbations from the lunar orbit. The analysis of these perturbations is held using the wavelet and Fourier transformations. On the long time interval it shows matching phases of the perturbed polar motion and the lunar orbit motion using the available series of observations C04 and C01 from the International Earth Rotation and Reference Systems Service. This feature can be used to refine the model of the forecasting the Earth pole oscillations. And taking into account these structural features of the oscillations the refined numerical-analytical model of the Earth pole motion is presented.
Thus the graphical correspondence between the Earth pole oscillations and the motion of the lunar orbit is presented. It is shown that the refined model gives a more accurate description of the Earth pole motion by comparing the model computation results with the observations made by the International Earth Rotation and Reference Systems Service.

Keywords: Earth pole oscillations, Numerical-analytical model, Chandler Wobble, Lunar orbit perturbations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル
Chondrule formation model by lightning in high dust density regions

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1]
*Chihiro Ikeda[1], Taishi Nakamoto[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

コンドリュールは半径0.1-1 mmの球状の組織で、コンドライト隕石の主要な構成要素である(Scott 2007)。コンドリュールは太陽系形成初期に形成されたことが分かっている。そのため、コンドリュールは初期太陽系星雲についての重要な情報を持っている可能性がある。コンドリュールは初期太陽系星雲内でダスト粒子が数分以内で加熱されて溶融し、1-1000 K/hourの速度で冷却され固まったと考えられている(Desch et al. 2012)。また、コンドリュールは揮発性物質を含むことから、ダスト密度の高い領域で形成されたとされている (Alexander et al. 2008)。コンドリュールの形成メカニズムは解明されていないが、衝撃波、天体衝突、X-wind、雷によって形成されたとする説がある。本研究では、雷によるコンドリュール形成について、コンドリュール の熱進化の観点から研究を行った。

コンドリュールの熱進化は今までに、Horanyi et al. (1995)で研究された。この研究では初期太陽系星雲での雷の発生を仮定し、雷内のガスとダストの時間進化についての数値計算を行い、コンドリュールの熱進化を計算した。計算の結果得られたコンドリュールの冷却速度は、結晶組織の分析から推定されているコンドリュールの冷却速度よりも速くなった。一方、雷の発生についての研究によると、雷の発生にはダストとガスの質量比は100:1以上である必要がある (Muranushi 2010)。しかし、Horanyi et al. (1995)では雷の内部にはダスト粒子が1個だけ存在する状況を考えていた。
本研究ではダスト密度の高い領域での雷の発生を考え、コンドリュールの熱進化を数値計算した。特に、ダスト密度が高い状況でコンドリュール形成の冷却速度条件を満たすことができるのかを調べた。その結果、コンドリュール形成条件に合う状況が存在することが分かった。本研究により、初期太陽系星雲において、雷によるコンドリュール形成が可能であることが示唆された。

キーワード：コンドリュール、雷
Keywords: chondrule, lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究
The transition to superrotation in stratospheric atmospheres

*墨 幹[1]
*Motoki Sumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

タイタンは発達した大気や地表面に安定した液体を太陽系内の衛星で唯一持っている天体である。その観測の歴史は1908年に大気の存在が示唆されたところから始まる。1970年代には観測技術の進歩からタイタン大気の温度構造や大気組成が明らかになってきた。また、1997年に打ち上げられたCassini-Huygens探査機では、土星系を訪れ、Huygensプローブをタイタン大気に突入させ、高精度の観測を行った。現在では、ALMA望遠鏡による地上サブミリ波観測が行われており、高解像度での観測が可能になっている。

タイタン大気の特徴として全球規模で自転を追い越す向きの高速東西風であるスーパーローテーションの存在が観測で明らかになっている。その風速はHuygensの突入した南緯約10度において高度120㎞近くで東向きに100m/sにも及ぶが、観測データの少なさや大気構造の複雑さからそのメカニズムの究明に難航している。また、スーパーローテーションの生成メカニズムも統一した理論は完成しておらず、さまざまな理論が提唱されている。代表的なものとして、Gieraschにより提案されたGierasch メカニズムやFelsとLindzenにより提案された熱潮汐波によるメカニズムがある。

本研究では、地球モデルを用いて、惑星半径のみを変えてスーパーローテーションを発生させる実験を行った。数値モデルとして地球流体電脳倶楽部の開発する、惑星大気大循環の数値シミュレーションモデルDCPAM5を用いた。乾燥大気を仮定しモデルの基礎方程式系として、プリミティブ方程式を用いた。加熱・冷却過程としてHeld and Suarez(1994)モデルに成層圏の圧力依存性を加えたWilliamson(1997)のモデルを用いた。計算時間は十分定常性が確認できた1080日までの時間発展計算を行い、描画では計算終了の360日間を時間平均した。

はじめに、温度場、質量輸送分布、東西風速場の東西平均を出力し、大気の子午面空間の構造を比較し、スーパーローテーションの発生している設定、高度などの分布を調べた。地球モデルでは対流圏と成層圏の中緯度で西風ジェット気流が発生したが、赤道では東風が吹いている。惑星半径を小さくすると、対流圏では赤道でも西風が加速され、スーパーローテーションが発生した。成層圏では下層で赤道スーパーローテーションが発生したが、成層圏上層では中高緯度にジェットが発生したのみで赤道では高速の西風までは発生しなかった。

次に、角運動量を赤道上層に維持するメカニズムを調べるために、温度の帯状擾乱の分散、東西風速場の帯状擾乱スペクトルを出力し、大気中に存在する波の構造をまとめた。対流圏において地球モデルでは、中緯度に帯状波数4以上の波が多く存在し、中緯度に東向きの角運動量が集積された。しかし、惑星半径を小さくしていくと、帯状波数の大きい波が減少し、波数1付近の全球規模の波が卓越している。成層圏においても同様に地球モデルでは対流圏ほどではないが波数の大きい波が存在している一方で、惑星半径を小さくしていくと、波数の小さい波しか残らなくなる。

しかし、成層圏では赤道スーパーローテーションと中高緯度ジェットが高度の異なる領域に発生しており、スーパーローテーションを維持するメカニズムは対流圏でのメカニズムと多少異なる可能性がある。その違いについて更なる解析が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions

*Corentin LOUIS[1,2,3], Sebastien L. Hess[4], Baptiste Cecconi[2,3], Philippe Zarka[2,3], Laurent Lamy[2,3], Stéphane Aicardi[5], Alan Loh[2]

1. IRAP, Toulouse, 2. LESIA - Observatoire de Paris, 3. USN, Observatoire de Paris, 4. ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France, 5. DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France

All magnetized planets are known to produce intense non–thermal radio emissions through a mechanism known as Cyclotron Maser Instability (CMI), requiring the presence of accelerated electrons generally arising from magnetospheric current systems. In return, radio emissions are a good probe of these current systems and acceleration processes. The CMI generates highly anisotropic emissions and leads to important visibility effects, which have to be taken into account when interpreting the data. Several studies showed that modeling the radio source anisotropic beaming pattern can reveal a wealth of physical information about the planetary or exoplanetary magnetospheres that produce these emissions. We present a numerical tool, called ExPRES (Exoplanetary and Planetary Radio Emission Simulator), which is able to reproduce the occurrence in time–frequency plane of CMI–generated radio emissions from planetary magnetospheres, exoplanets or star–planet interacting systems. Special attention is given to the computation of the radio emission beaming at and near its source. We explain what physical information about the system can be drawn from such radio observations, and how it is obtained. These information may include the location and dynamics of the radio sources, the type of current system leading to electron acceleration and their energy and, for exoplanetary systems, the magnetic field strength, the orbital period of the emitting body and the rotation period, tilt and offset of the planetary magnetic field. Most of these parameters can be remotely measured only via radio observations. The ExPRES code provides the proper framework of analysis and interpretation for past (Cassini, Voyager, Galileo. . .), current (*Juno*, ground-based radiotelescopes) and future (BepiColombo, Juice) observations of planetary radio emissions, as well as for future detection of radio emissions from exoplanetary systems (or magnetic white dwarf–planet or white dwarf–brown dwarf systems). Our methodology can be easily adapted to simulate specific observations, once effective detection is achieved.

Keywords: Planetsandsatellites:Aurorae, Radiocontinuum:Planetarysystems, Radioemissions simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crustal structures of major mercurian basins

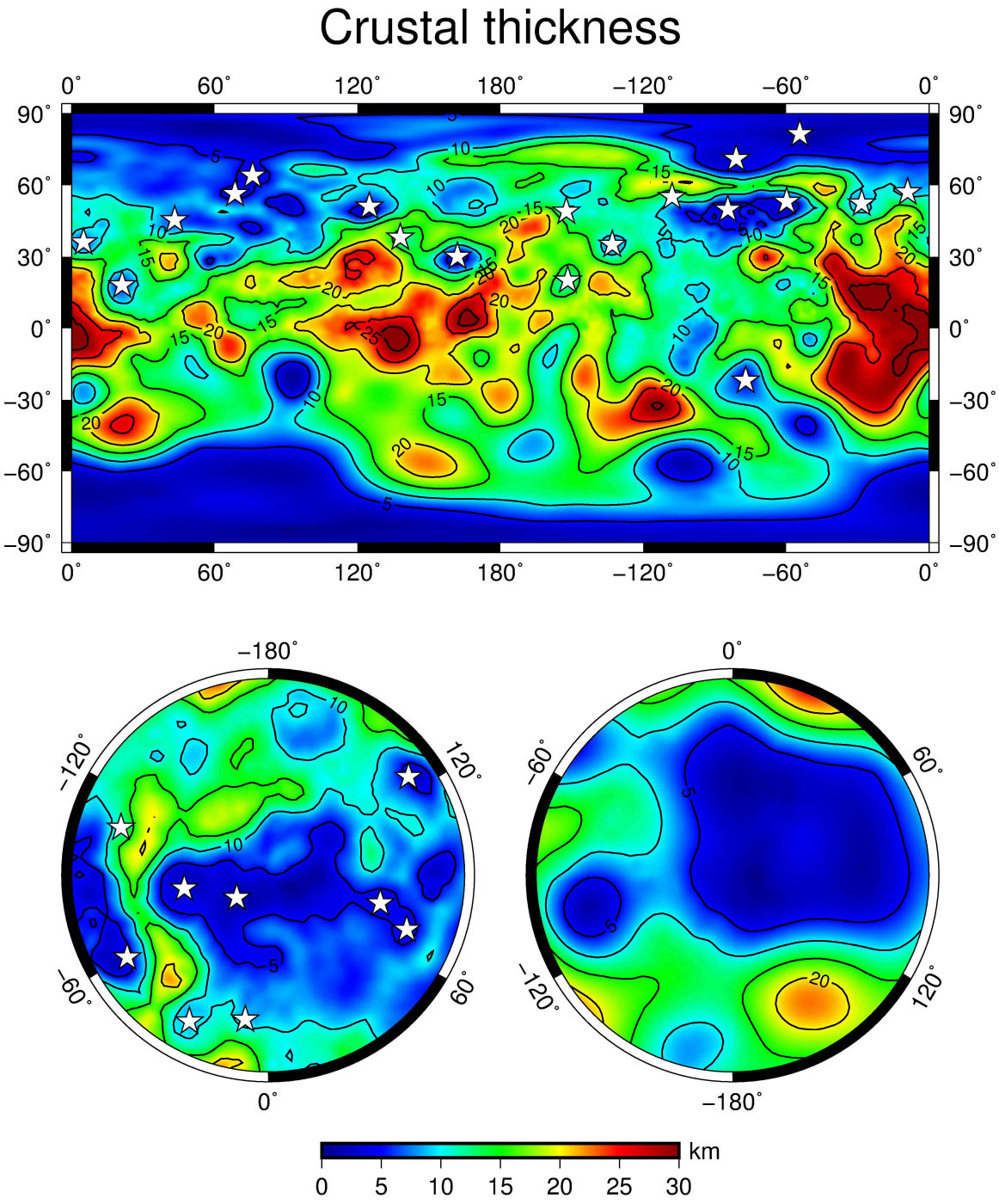
*Qingyun Deng[1], Fei Li[1], Jianguo Yan[1], Zhiyong Xiao[2]

1. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 2. Planetary Science Institute, China University of Geoscience

Mercury is the innermost planet in the solar system. Its surface resembles to the Moon, which is characterized with large number of impact basins, indicating an intensive bombardment history. From the data acquired by previous Mercury missions, the spatial distribution, relative age, and morphology of impact basins on Mercury is studied. Gravity data from NASA MESSENGER mission revealed the crustal structures of mercurian basins, providing information about the crust properties of the early Mercury when those basins formed. In this work, the crustal thickness ratio for each basin is calculated from global crustal thickness model obtained by inverting gravity data. The relation between crustal thickness ratio, basin relaxation state, and relative age is investigated and some implication for the early evolution of Mercury is discussed.

Keywords: crustal structures, impact basin, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand -[1], Mayank Sharma[1], Rahul Dev Garg[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Now a day’ s remote sensing and geospatial techniques are gaining popularity as they offer correct and precise information of any object situated at a distant place. Advanced remote sensing techniques like terrestrial laser scanning (TLS), mobile laser scanner(MLS), close range photogrammetry(CRP), smart total station(STS) and GNSS are the useful techniques for creating a 3D (three-dimensional) documentation of complex engineering structures or cultural heritage sites. The integration of these techniques with other methods like topographic survey or physical measurement method also offer the potential to the user to perform a complete 3D documentation of any structure.

This paper presents a methodological framework for the 3D digital documentation of cultural heritage sites from laser scanned datasets. The framework includes acquisition of point cloud datasets through laser scanners and their conversion to 3D models. 3D models are useful for planning and surface detail measurements. Detailed planimetric and elevation information or plans could be easily extracted from developed 3D models. These planimetric informations and elevation plans are useful for the conservation and preservation of structure, and can help in restoration of these structures in case of any damage due to natural disasters or other seismic activities.

Keywords: TERRESTRIAL LASER SCANNER, 3D DIGITAL DOCUMENTATION, ELEVATION PLAN, POINT CLOUD, SOLID 3D MODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1], Irina Michailovna Ryabikova[2]

1. Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university, 2. Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university

Our approach to the phenomenon of tides differs from the traditional one, in which an empirically tidal potential with Love numbers is introduced. We consider the motion of two viscoelastic bodies, the Earth and the Moon treated as a double planet, in the gravitational field of a massive point, the Sun.The deformations of the bodies are described by the classical theory of small deformations. The influence of viscous forces is described by the dissipative functional of the Kelvin-Voigt model. The quasi-static equation of the elasticity theory is solved for obtaining the displacements of body points. The method of averaging and separation of motion is used for solving of this equation. The displacements of each point of the deformable body consist of displacements caused by centrifugal forces, the forces due to body elasticity and dissipative forces due to body viscosity. Substituting these displacements in the potential formulae and integrating over the each body, we get the potential of the system and the moments of forces acting on the bodies.. Knowing the displacements, we determine the shape of deformable bodies, their moments of inertia and the lagging angle. The results of this approach are compared with the results of the traditional theory.

Keywords: Earth-Moon system, viscoelastic bodies, moments of forces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The consequences of Saturn’s “ring rain”

*James O Donoghue[1,2], Luke Moore[3], Jack Connerney[4,1], Henrik Melin[5], Tom Stallard[5], Sean Hsu[6], Steve Miller[7], Kevin Baines[8]

1. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan, 3. Boston University, USA, 4. Space Research Corporation, Maryland, USA, 5. University of Leicester, UK, 6. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA, 7. University College London, UK, 8. NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA

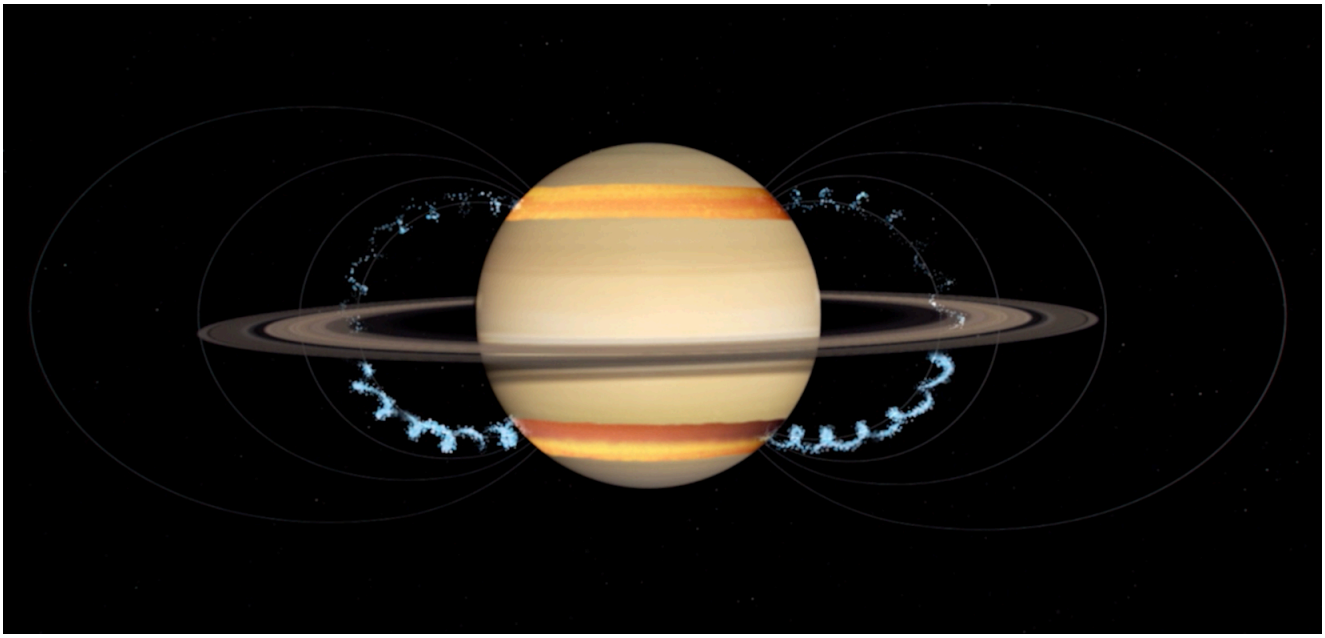
Saturn’s upper-atmospheric H3+ emissions have been previously studied using ground-based observations, and found to exhibit peaks in emissions at specific latitudes. The cause of these peaks is due to an influx of charged water products originating from Saturn’s rings known as 'ring rain'. Subsequent modeling using the Saturn Thermosphere Ionosphere Model (STIM) has indicated that these peaks in H3+ emissions are likely driven by an increase in H3+ density, rather than temperature, as a local reduction in electron density (due to charge exchange with water) lengthens the lifetime of H3+. However, a direct observation of the H3+ density is required to estimate the flow rate of material into Saturn with models. Calculation of ring rain’s flow rate into Saturn is a highly important input for determining the age, lifetime and evolution of Saturn’s rings.

Here we present the first ever derivation of H3+ density, temperature and radiance in the non-auroral regions of Saturn, using data taken from the 10-meter Keck telescope in 2011. H3+ density is enhanced near 45 degrees north planetocentric latitude and strongly reduced near 39 degrees south. When compared to STIM modeling results, these densities indicate a small ~50kg/sec water influx in the north and an enormous ~1500 kg/sec influx in the south. The charged grains are pulled in along the magnetic field by gravity, but the southward-inclination of the magnetic field (in the vicinity of the ring plane) means that the grains are preferentially drawn southwards into the planet. Assuming that our (Saturn northern Springtime) measurement represents all seasons, and that the rings are able to disperse over time, the ring rain mechanism alone will drain Saturn’s rings to the planet within 300 million years. If we also add the recent Cassini-spacecraft measured ring-material detected falling into Saturn’s equator (and assume it is constant), then the rings have less than 100 million years to live.

Recent measurements by Cassini again have estimated a ring age of ~50 million years, so it seems that Saturn’s rings are short-lived phenomena, perhaps lasting just 150 million years in total. A long time on human timescales, but compared to the 4.5 billion year age of Saturn, the rings are essentially temporary; i.e. if Saturn were 30 years old, the ring system would exist for just 1 year of its life! These recent findings indicate that ring systems in general are practically doomed to be removed as soon as they are formed. Indeed, the ring rain mechanism itself ought to be universal at any planet with both a ring system and a strong magnetic field. We might ask, did Jupiter, Uranus and Neptune, which have thin rings today, once have magnificent rings in the past that have eroded away?

Keywords: Saturn, Rings, Ionosphere, Magnetosphere, Atmosphere, Ring rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry

*Shiblee Ratan Barua[1,2], Paul Romani[1]

1. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA, 2. Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA

Existing photochemical models for the atmospheres of planetary bodies suffer from large errors when predicting the mole fraction profiles of various compounds. Global sensitivity analyses show that a major source of these model errors can be attributed to inaccurate rate coefficients for “key” radical–radical and radical–neutral reactions in low-temperature conditions. Accurate rate coefficients for key reactions thus improve the accuracy of photochemical models. Unfortunately, accurate experimental rate constants for such low-*T* reactions are difficult, if not impossible, to measure, and the lab data are affected by uncertainties in determining the absolute concentrations of radical species. Currently, the most common theoretical approach involves uncertainty extrapolation technique in which uncertainties in room-temperature rate constants are extrapolated to low-temperature conditions, resulting in large errors in the theoretical low-*T* rate constant data. To solve this existing problem, we are employing the two-transition-state (2TS) model developed by Klippenstein and coworkers to calculate high-level *ab initio* rate-constants for key low-*T* (*i.e.* 10–200K) reactions relevant to planetary atmospheres like that of Titan. In particular, we are investigating key reactions that have not yet been studied in the lab, and for which accurate rate coefficients are still unknown. Our calculated *ab initio* rate coefficients will be made available to the astrochemistry community via well-established free online kinetic databases (*e.g.* KIDA). These rate coefficients will be used by scientists in photochemical models to make accurate predictions of mole fraction profiles for planetary atmospheres and improve our understanding of the diverse chemistry of these bodies.

Keywords: Titan atmosphere, Low-temperature reaction kinetics, Ab initio quantum chemistry, Photochemical model, Plantery science, Astrochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

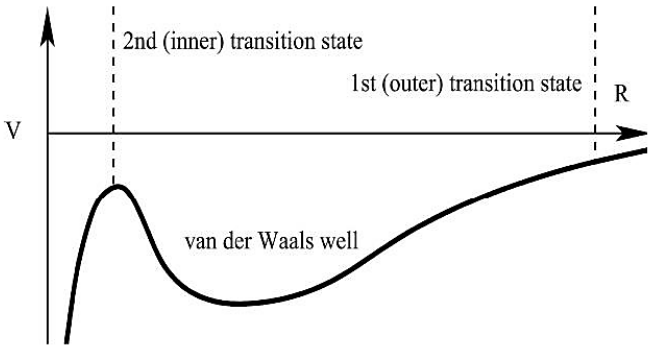


Figure 1. Schematic one-dimensional picture of the potential energy as a function of the reaction coordinate for a neutral–neutral reaction leading to bimolecular products. In its approach, the 2TS model incorporates both the 1st (outer) transition state for barrierless association reaction and the 2nd (inner) transition state for reaction path with a barrier. **Source:** Georgievskii and Klippenstein, 2007.

Table 1: Selected key reactions currently being investigated that are responsible for uncertainties in the mole fractions of major nitrogen species (left-most column) in low-*T* Titan conditions. Each reaction shown here has an absolute Rank Correlation Coefficient (RCC) value, a quantitative indicator of the sensitivity of model mole fractions on rate constants, greater than the chosen threshold of 0.2 at 100 km or above (right-most column). **Source:** Loison *et al.*, 2015.

Affected N Species	Key Reactions	|RCC| > 0.2
NH_3	$N(^4S) + NH_2 \rightarrow N_2 + H + H$	(100, 900) km
HNC	$N(^4S) + {}^3CH_2 \rightarrow HNC + H$	100 km
CH_2NH	$N(^2D) + CH_4 \rightarrow NH + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$^1CH_2 + CH_4 \rightarrow CH_3 + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$C_2N + H \rightarrow HCN + C$	900 km
C_2H_3CN	$CHCN + H \rightarrow C_2N + H_2$	900 km

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？
How many conditions must be satisfied to produce a habitable planet?

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2]
*Shigenori Maruyama[1], Soichi Omori[2]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 放送大学教養学部
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. The Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

<Purpose>

Concept of habitable zone (HZ below) is regarded as the presence of stability field of liquid water on the surface of planet. HZ is regarded as the most important condition to produce a habitable planet. However, we think the presence of liquid water is not enough to be habitable. We list up other necessary conditions (6+5=11) to produce a habitable planet in the Universe.

<Method>

The best studied habitable planet is the Earth. Therefore, based on the research results of the Earth, we consider necessary conditions. Key points are chemical composition of primordial atmosphere and biosphere.

<Result>

Based on the research of the Earth, I propose there are at least 6 conditions to be a habitable planet in case of the solar system. (1) a planet must be given totally 400 bars CO_2, 300 bars water, and 50-60 bars N_2 as minimum values. In addition, such an amount is given gradually with time (ABEL model) not to become Venus-state, (2) the presence of extremely small amount of ocean water (3km ±1km thickness), (3) the presence of huge landmass (continent above sea level) to finally provide habitable trinity condition to drive the material circulation to give nutrients through water-rock interaction to feed primordial life. (4) Initiation of plate tectonics to keep dynamic equilibria not to become Venus state. (5) selective transportation of CO_2 into mantle, while H_2O remains on the surface, and N_2 remains all in atmosphere, (6) the presence of biosphere, if not, fixation of atmospheric CO_2 is restricted only to inorganic carbonates that would be insufficient to prevent evolving into Venus-state.

<Discussion>

These six conditions are deduced from the history of the Earth. However, if we enlarge the concept to exoplanets based on the research of the solar system, the following five conditions are added; (7) the distance from the central star, (8) the abundance of atmosphere, (9) mass and composition of central star, (10) size and composition of planet, and (11) circular orbital path.

キーワード：ハビタブルプラネット、生命惑星をつくる条件
Keywords: habitable planet, conditions to produce a habitable planet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発
Quantitative Evaluations for Meteorite Impact Tsunami

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Tetsuharu Fuse[2], Toshitaka Baba[3]

1. 防災科研、2. 情報通信研究機構、3. 徳島大学
1. NIED, 2. NICT, 3. Tokushima University

Tsunami induced by earthquakes, submarine landslides, volcanic eruption in submarine and coastal area and meteorological phenomena is one of the most devastating natural disasters. A meteorite impact into the oceans spawn large tsunami depending on the size and velocity of the meteorite and the sea depth at the location of the impact as well. However, we do not have a numerical model to reproduce both of meteorite impacts and tsunami propagations. We have started to develop a new numerical model to simulate tsunamis generated by the meteorite impact combining iSALE (Wünnemann et al., 2006) for simulating impact phenomena and JAGURS (Baba et al., 2017) for simulating tsunami. The iSALE is a multi-material and multi-rheology shock physics code for simulating impact phenomena. JAGURS is a parallelized tsunami simulation code to solve two-dimensional non-linear long-wave equation with Boussinesq terms for representing observed tsunami waveforms, tsunami height and inundation. We set sea-floor deformation, sea-surface disturbance and velocity of gravity wave which is the output from iSALE to the input of JAGURS. We then calculate tsunami height along the coastlines in any place using ASTER GDEM version 2 (Fujisada et al., 2012) and GEBCO_2014 Grid. ASTER GDEM has one arcsecond (about 30 m) spatial resolution and covers land between 56S and 60N latitude as a topographic data. GEBCO’s gridded bathymetric data has thirty arcseconds (about 1 km) spatial resolution for the worldwide.

We first investigate the tsunami generation using iSALE code for creating tsunami source model depending on the meteor size, the velocity of impact, the size of cavity, the width and depth of crater and tsunami propagation speed. We also investigate probabilistic hazard of meteorite impact tsunami using simplified cavity curves with developed JAGURS built-in. Finally, we construct a new numerical model of meteorite impact tsunami combining iSALE and JAGURS. Additionally, we consider the way of automatic detection of meteorite impact using the recode of the highly sensitive seismograph network in real-time.

iSALE の 開 発 者 で あ る Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen の各氏に感謝致します．本研究の一部はJSPS科研費 JP18K04674の助成を受けたものです．iSALEの計算及び可視化は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトCfCAの計算サーバ及び解析サーバで実施しました．記して感謝致します．

キーワード：隕石、衝突、津波
Keywords: Meteorite, Impact, Tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-PS 惑星科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

コンビーナ:黒崎 健二(名古屋大学大学院 理学研究科 素粒子宇宙物理学専攻)、仲内 悠祐(宇宙航空研究開発機構)

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

[PPS06-P01] The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1]、Fang-shii Ning[1] (1.National Chengchi University)

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

[PPS06-P03] **月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由**

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P04] **太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果から*アブダクションで検証する*理論モデルを*「マルチインパクト仮説」で*，提案，**
cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2.情報通信開発機構、3.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター)

[PPS06-P06] Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2] (1.大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2.北海道大学 創成研究機構)

[PPS06-P07] Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P08] Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[PPS06-P09] Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1] (1.神戸大学理学部)

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4] (1.千葉工業大学　惑星探査研究センター、2.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4.理化学研究所 計算科学研究機構)

[PPS06-P11] 中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2] (1.海洋研究開発機構、2.Spotify USA Inc)

[PPS06-P12] 粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2] (1.総合研究大学院大学、2.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3.日本大学)

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P14] Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1]、Vadim Vladimirovich Perepelkin[1]、Wai Yan Soe[1] (1.Moscow Aviation Institute)

[PPS06-P15] ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P16] 成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

[PPS06-P17] **ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions**

*Corentin LOUIS[1,2,3]、Sebastien L. Hess[4]、Baptiste Cecconi[2,3]、Philippe Zarka[2,3]、Laurent Lamy[2,3]、Stéphane Aicardi[5]、Alan Loh[2] (1.IRAP, Toulouse、2.LESIA - Observatoire de Paris、3.USN, Observatoire de Paris、4.ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France、5.DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France)

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

*Qingyun Deng[1]、Fei Li[1]、Jianguo Yan[1]、Zhiyong Xiao[2] (1.State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University、2.Planetary Science Institute, China University of Geoscience)

[PPS06-P19] Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand [1]、Mayank Sharma[1]、Rahul Dev Garg[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

[PPS06-P20] Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1]、Irina Michailovna Ryabikova[2] (1.Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university、2.Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university)

[PPS06-P21] **The consequences of Saturn's "ring rain"**

*James O Donoghue[1,2]、Luke Moore[3]、Jack Connerney[4,1]、Henrik Melin[5]、Tom Stallard[5]、Sean Hsu[6]、Steve Miller[7]、Kevin Baines[8] (1.NASA Goddard Space Flight Center, USA、2.Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan、3.Boston University, USA、4.Space Research Corporation, Maryland, USA、5.University of Leicester, UK、6.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA、7.University College London, UK、8.NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA)

[PPS06-P22] **Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry**

*Shiblee Ratan Barua[1,2]、Paul Romani[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA、2.Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA)

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.放送大学教養学部)

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3] (1.防災科研、2.情報通信研究機構、3.徳島大学)

The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1], Fang-shii Ning[1]

1. National Chengchi University

Geocenter motion describes the difference of Center of Figure (CF) respect to Center of Mass of the Earth system (CM) due to the mass re-distribution and deformation of the Earth system. This is a factor that cannot be ignored in the maintenance of the high-precision terrestrial reference frame. As precision requirements and application demands in space geodesy increase, research on estimation of the geocenter motion become increasingly important as the key point to realize a reference frame with its origin fixed to the center of mass of the Earth system. In this study, GPS (Global Positioning System) observation data from IGS (International GNSS Service) and SLR (Satellite Laser Ranging) tracking data in the period of 2007 to 2016 are applied to estimate the coordinates of IGS sites on Earth’ s surface by using the GAMIT/GLOBK and Bernese software. Then, the Helmert transformation model is used to acquire seven parameters between the ITRF (International Terrestrial Reference Frame) reference frame and the CM reference frame. There are three parameters of them are related to the shift in three axes, which are the results of the geocenter motion. Afterwards, the geocenter motion time series are applied with the linear fitting method in order to obtain the amplitudes and phases along three axes of geocenter motion. The annual amplitude of X-, Y-, and Z- components between the years 2007and 2016 are 2.6± 0.2 mm, 4.1±0.2 mm, and 5.6±0.3mm respectively. The annual phase of X-, Y-, and Z- components are 72˚, 330˚, and 145˚ respectively. The accuracy of this study is significant improvement comparing to just using GPS or SLR technique only.

Keywords: Geocenter motion, Global Positioning System, Satellite Laser Ranging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化
Evolution of Pluto's surface albedo due to sublimation and condensation of ice

*松井 弥志[1]、木村 淳[1]
*Hisashi Matsui[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

2015年、冥王星に接近した探査機ニューホライズンズの観測によって、冥王星表面にH_2O, N_2, CH_4, COの氷が共存することや、その表面に氷の量の違いによる強い明暗のコントラストがあることが明らかになった。しかし、その明暗分布の起源については、いまだ明らかになっていない。

木星や土星の衛星における反射率変化を扱った先行研究では、日射による氷の昇華が氷天体表面の反射率変化に影響することが示されている。さらに冥王星はを主成分とする大気を持つことから、大気からの凝結も反射率に影響すると思われる。

このように、昇華や凝結などの氷の振る舞いが、冥王星表面の反射率変化に大きく影響している可能性がある。しかしこれまでのところ、その定量的な考察は行われていない。

そこで本研究では、冥王星表面の明暗分布の起源を探ることを目的として、様々な氷の昇華・凝結といった振る舞いと、表面の反射率の変化の関係を数値シミュレーションを用いて調べた。

モデルでは、明るい氷と暗い非氷物質が均一に混ざって存在し、その体積比に従った反射率を持つ表面状態を仮定した。続いて緯度ごとの日射量の変化と熱慣性を用いて表面温度を計算し、その温度における蒸気圧と大気圧の差から氷の昇華量を見積もった。昇華した氷は大気として存在し、表面温度が凝固点を下回った時には、大気から再凝結し表面に沈着する効果も考慮した。その上で、微小隕石衝突などによって表面が継続的に混合されると考えられる深さまでに含まれる氷と非氷物質の体積比から、次の時間ステップの表面の反射率を計算した。この過程を繰り返し計算することで、冥王星表面の反射率の時間変化を調べた。

その結果、巨大衝突のような特定のイベントを考えなくても、自転軸の大きな傾きから生じる緯度ごとの日射量の違いによって、現在の冥王星表面に見られる反射率分布の傾向を説明できる可能性があることが分かった。

キーワード：冥王星、反射率
Keywords: Pluto, Albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

月の起源，月が常に地球を向いている理由，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由

Origin of the moon, Reason why Moon is always facing to Earth, Origin of Moon Sea, reasons why there is no Ocean behind Moon

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

太陽系で，惑星起源の謎を検証する方法（進化の創造的推論）は，物理的に意味のある仮説を用いて，進化の複数結果を全て統一的に説明できる事であり，一度しか起きない進化を利用した検証と云える.

初期条件も不明で，再現実験の出来ない現状から，起源への**ミッシングリンク**を推測する由一の方法手ある.

月の起源（２０１４ U０６-P２４），でマルチインパクト仮説のモデルで月形成の必然起源説を述べた.

追加として，木星大赤斑の起源，小惑星帯の起源，地球分化隕石の起源，地球深海洋底の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，冥王星の起源，ダイヤモンドパイプの起源，コア偏芯の起源も述べた、

新たに月が常に地球を向いている起源，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由は,右下の図の様に射出された地球マントルは内部程密度か大きく,月が偏芯することで表側に重い玄武岩が多く溶融カバーした地殻に隕石衝突して月の海が形成された.裏側に隕石が落ちても同じ地殻物質なら変化がない.地球と月の共通重心の周りを巴回転すると常に重い側を中心(地球)に向けて公転する.もちちろん地球は誕生から自転しており,衝突により更に加速し回転している.

Y. Toda and Y.阿部は、特別なメカニズムは不要であり表側と裏側の**ランダムな衝突数N**の差として説明でき,その結果として地殻のアンシンメトリーの確立後に月の潮汐ロックが起きる仮説[2]を述べている。しかし,そのN数差の原因を述べていないので結果論に過ぎない。

今までの月起源仮説は,*分化した火星が恣意的な角度と速度で偶然の衝突でマントルだけの月が,地球半径Reの三倍の軌道位置に形成されたシミュレーションデあった.*

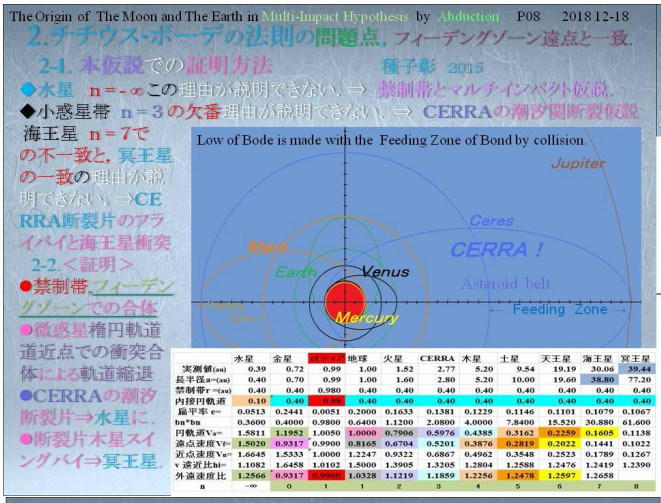
このマルチインパクト仮説ではボーデの法則で小惑星帯位置に形成された火星サイズの分化した原始惑星が,その外側に形成された木星の重力による摂動で,木星近点側に偏平化したCERRAが,太陽と木星の引力等分点で断裂し**シューメーカーレビ彗星の様にトレーンマントル偏烈片と成り**楕円軌道を周回する.地球軌道との交点で地球に時間差衝突する.此の時の角度と速度は計算できて,最初の衝突で太平洋と偏芯した月が,現在の月軌道エネルギー60・Reの位置に形成される.木星に衝突した破片は大赤斑と成り,破片のマントルは小惑星帯の起源と成った、アイソスタシーで**深さ五kmの深海洋底**の起源と成り,複数の衝突は生物種大絶滅の起源と成った.**テチス海形成**の高緯度衝突は,地軸傾斜と駆動方向の急変とプレート移動の引き金と成り,南極大陸は地軸のセンターに移動して不変と成った.環太平洋弧状列島と背弧海盆も**アイソスタシー**で説明できる.

一度だけの進化の結果を**一つの仮説モデル**で*約17項目の現状*を統一的に説明できる事は, **進化の必然結果**を用いて, **ミッシング・リンク**を検証できたと云える. より良い**仮説**が示されるまでは, **暫定モデルとしてはベスト**と思われる. 以上、

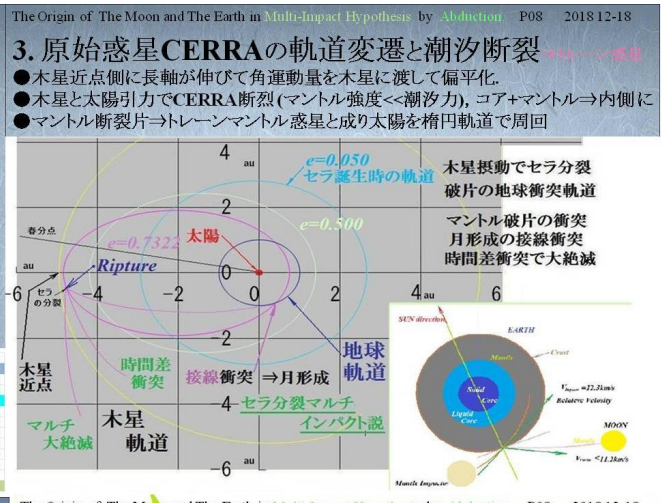
S-CG61,U-08,S-SS12,**P-PS06**,P-PS07 にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

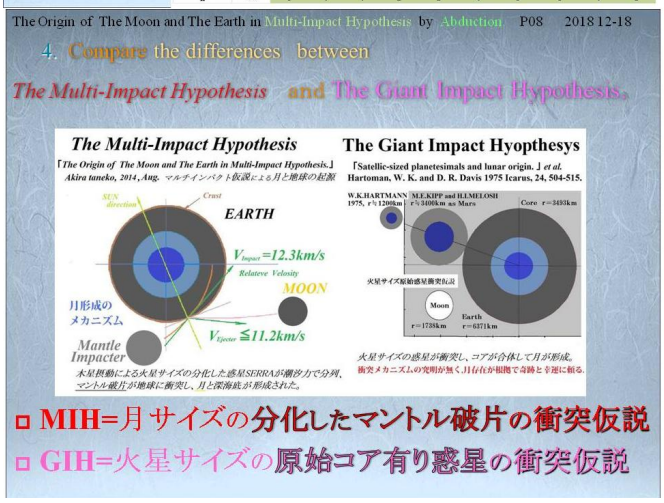
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

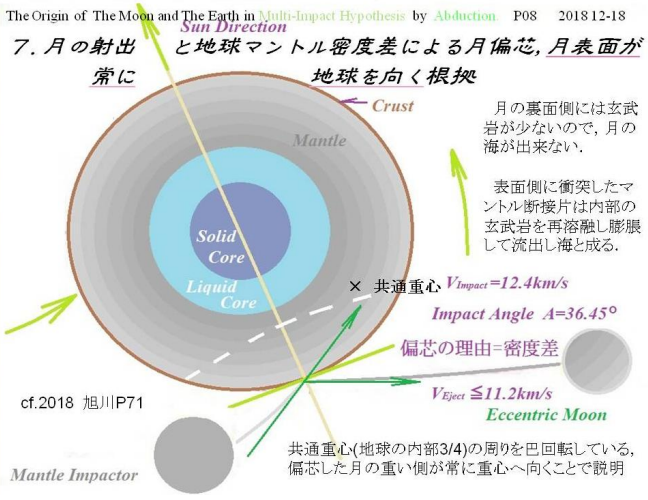
キーワード：月の起源、進化の結果を利用したアブダクションによる検証、月が常に地球を向いている起源、月の海の起源、月の裏側に海が無い理由
Keywords: Origin of the moon, Verification by Abduction using evolution results, Origin the moon is always facing the earth, origin of the moon sea, reasons why there is no ocean behind the moon



	水星	金星	地球	火星	CERRA	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
実測値(au)	0.39	0.72	0.99	1.00	1.52	2.77	5.20	9.54	19.19	30.06	39.44
長半径a=(au)	0.40	0.70	0.99	1.00	1.60	2.80	5.20	10.00	19.60	38.80	77.20
禁制帯r =(au)	0.40	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
内接円軌道	0.10	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
扁平率 e=	0.0513	0.2441	0.0051	0.2000	0.1633	0.1381	0.1229	0.1146	0.1101	0.1079	0.1067
bn*bn	0.3600	0.4000	0.9800	0.6400	1.1200	2.0800	4.0000	7.8400	15.520	30.880	61.600
円軌道$V_{n=}$	1.5811	1.1952	1.0050	1.0000	0.7906	0.5976	0.4385	0.3162	0.2259	0.1605	0.1138
遠点速度$V_{F=}$	1.5020	0.9317	0.9900	0.8165	0.6704	0.5201	0.3876	0.2819	0.2022	0.1441	0.1022
近点速度$V_{n=}$	1.6645	1.5333	1.0000	1.2247	0.9322	0.6867	0.4962	0.3548	0.2523	0.1789	0.1267
v 遠近比h=	1.1082	1.6458	1.0102	1.5000	1.3905	1.3205	1.2804	1.2588	1.2476	1.2419	1.2390
外速速度比	1.2566	0.9317	0.9900	1.0328	1.1219	1.1859	1.2256	1.2478	1.2597	1.2658
n	-∞	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8







©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果からアブダクションで検証する理論モデルを「マルチインパクト仮説」で，提案，

cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

Proposed the Good model to verifyOrigins of Solar System (Planet, Asteroid belt, Earth, Moon) *with "Multi Impact Hypothesis ",*from 16' results of one time Evolution *by Abduction.*

cf. Simulation is an example by Abduction from 1.

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

今まで**太陽系の起源の探究**を***帰納法や演繹法***で行ってきたが，**過去まで時間を遡れない為に,真理の探究**は**遅々として進まなかった.** 理論は詳細な実験の結果だけを複数の結果を説明する事で法則を検証してきた．
初期状態は不明で**再現実験の不可能**な**起源仮説の検証**は,現実に***一度限りの進化は起きた***ので，***現状と云う*太陽系の惑星や特に地球や月の複数の特徴**の**全て**を***統一的***に説明するAbductionと云う**方法**で検証できる。

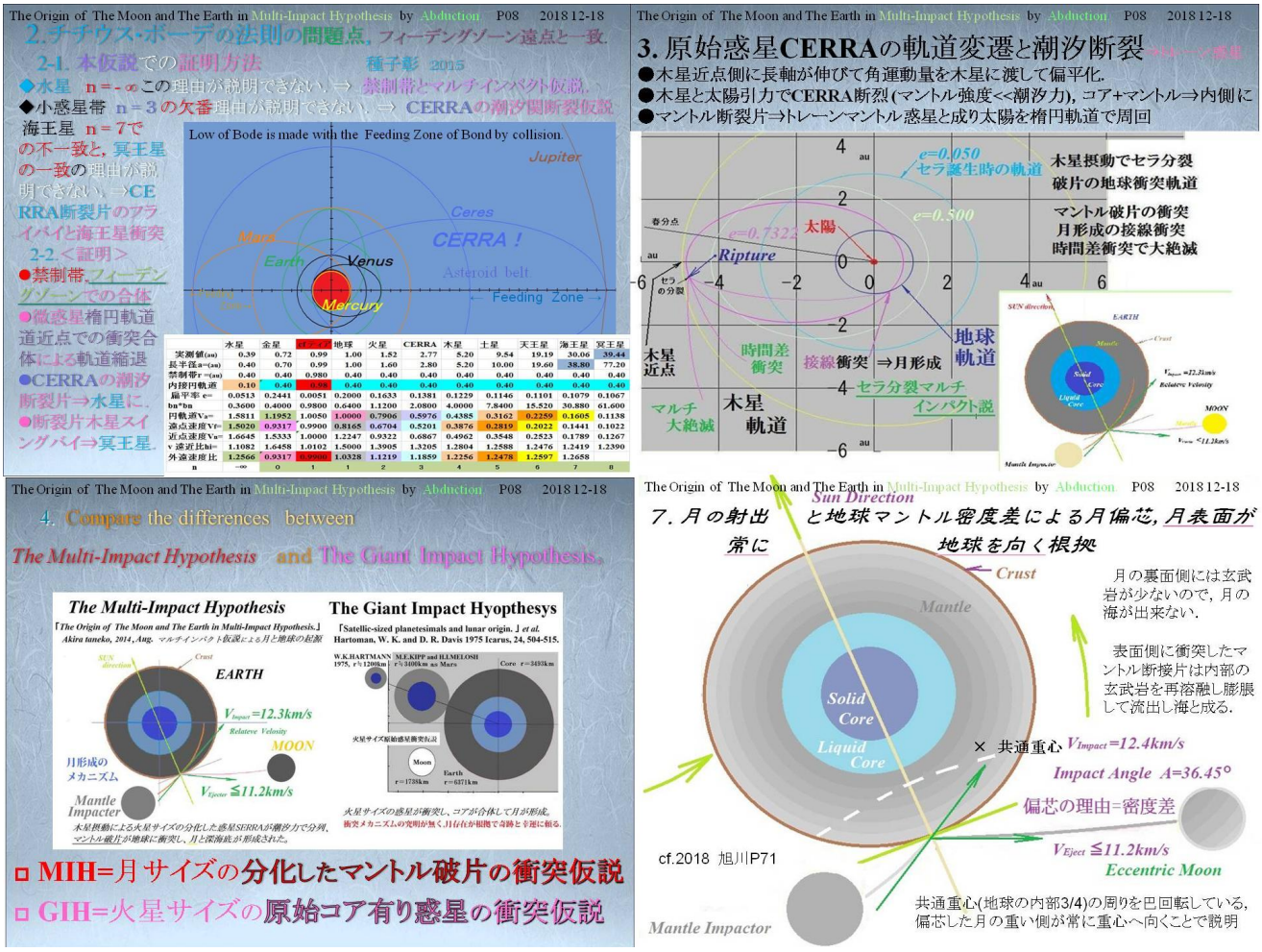
今までの月の起源仮説**「ジャイアントインパクト仮説」**は**マントルだけの月**をつくる**シミュレーション**であり，それ**以外の月の特徴は一つも*説明できなかった.*** アブダクションで云えばN=1の例証でしか無い、
しかし，**「マルチインパクト仮説」**は，**成分がマントルである月の起源**だけでなく，**月の軌道エネルギー**(60・Re)や，**月の偏芯**(常に**表面**が地球を向く)，**月の海の起源，月の裏面**に**海**が無い***理由も説明できた.***

更に月の起源仮説でありながら，**太陽系の他の特徴，小惑星帯の起源**や**分化した地球隕石の起源，地球の海(60%>,5km深さ)の起源，プレート境界の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，環太平洋孤児洋列島と背弧凹海盆の起源，プレート相互の重なりの起源，地軸傾斜の起源，ダイヤモンド鉱山の起源，バンアレン帯偏芯の起源，ティチス海の起源，地軸傾斜の起源，プレート移動方向急変の危険，生物種大絶滅の起源，木星大赤斑の起源，水星コアリッチの起源，冥王星の起源，アルプスとチベット高地の起源，大陸移動説の起源**まで統一的に説明できる事で，アブダクションとして検証できたと云える．特に，アイソスタシーによる平均5kmの深海底形成と，**アセノスフェアによるプレートのエアーホッケー状態は，慣性能率の偏芯による地球プレートの駆動力であり，*CERRA断裂による*CERRAマントル**の**トレーン小惑星**と成り，地球軌道との交点での衝突は，**月の射出と地球マントル欠損**であり，複数の海の起源であり，**生物種大絶滅の起源**でもある．地球マントルの亀裂はプレート境界の起源であり，**環太平洋背弧凹海盆はプレート重なりの起源**でもある．**高緯度衝突は地軸傾斜の起源**であり，***南極大陸が地軸へ収まり不動と成る事***が**駆動力の検証**でもある．
太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を，一度限りの進化の*複数(16)結果*からアブダクションで検証する理論モデルを提案した．特に地球への**衝突速度と角度*(12.4km/s，36.4度)***と**月軌道エネルギー*(60・Re)***を示せたことは特筆に値する．ついでに**フィーデングゾーンとボーデの法則**も示せた．**理論モデル**と**アブダクションの勝利**である．

S-CG61,U-08,S-SS12,P-PS06,**P-PS07** にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：マルチインパクト仮説、アブダクションで検証、太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源、一度限りの進化の複数(16)結果、起源の検証方法
Keywords: Multi Impact Hypothesis, Verify with Abduction, Origin of the Solar System (Planet, Asteroid Belt, Earth, Moon), Multiple (16) results of one time evolution, Method of verifying Origin



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入
Quantitative evaluation of the cumulus convection schemes for the implementation into the Paleo Martian Global Climate Model

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1]
*Katsushige Toriumi[1], Arihiro Kamada[1], Takeshi Kuroda[1,2], Naoki Terada[1], Yasumasa Kasaba[3], Isao Murata[1], Hiromu Nakagawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2. 情報通信開発機構、3. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター
1. Tohoku university, Geophysics, Planetary Atmospheric Physics, 2. NICT, 3. Tohoku university, Geophysics, Planetary Plasma and Atmosperic Research Center

火星では流水活動を示す地形が多数発見され、38億年程度前の火星は液体の水が長期に渡って存在できる環境だったことが示唆されている。一方、当時の太陽放射強度は現在の70-80%程度であったとされ(暗い太陽のパラドックス)、強い温室効果をもつCO_2が2〜7bar程度存在したとしても、流水環境を生み出すために前提となる温暖な環境を維持することは難しいことが幾つかのモデル研究で示されてきた[e.g. *Kasting*, 1991;*Forget et al.*, 2013]。

我々は、太古の海洋存在下における水蒸気や雲による放射効果、土壌熱力学、海洋熱力学、水文過程を考慮に入れた火星古気候モデルを新たに開発し、液体の水が存在可能な温暖な火星環境および大部分の流水地形を再現することに成功してきた[Kamada et al., submitted to Icarus]。しかしこのモデルでは、サバエア大陸の高地などの一部の地域で流水地形が再現されていない。この原因としては、タルシス山地の形成前後による風系の変化、氷河流の未考慮などの要因が考えられる。その中の一つとして、このモデルにおける降水過程は大規模凝結のみを考慮し、積雲対流効果を考慮に入れていないことも考えられる。積雲対流効果は、大気の成層不安定状態を対流活動により解消し、対流性の降水を発生させるため、降水の地域分布と量に影響を与えうる。

本研究では、火星古気候モデルに積雲過程を表現するため、Kain-Fritsch スキーム[*Kain and Fritsch,* 1993]の導入を試みていく。このスキームは、格子中の積雲の効果をひとつの積雲の生成・成長・衰退に代表させて成層不安定性を解消させるものである。地球の大気大循環モデルにおいて広範に用いられている Relaxed Arakawa-Schubert スキーム[*Moorthi and Suarez*, 1991]は、格子中に異なる雲頂をもつ複数の積雲を扱えるが、雲質量フラックスを導出する過程などで地球での観測を考慮した単純化を行っており、このまま古火星に適用できるかは自明ではない。一方でKain-Fritsch スキームは、地球の経験的仮定に依存せず積雲の鉛直構造を直接計算する点で、火星古環境モデルにはより適していると考えられる。このスキームはアンサンブルという点ではRelaxed Arakawa-Schubert スキームには劣るが、将来的に高分解能を目指すのであれば、高分解能で精度の高いこのスキームを導入することには意義があると考える。最終的には、火星古気候モデルを高分解能（鉛直、水平共に）で回し、積雲対流モデルを導入した火星古気候モデルの妥当性、また水蒸気などの大気成分の長期的な輸送やかき混ぜから、流水地形に及ぼす影響を考察していく。

まず、観測データが多く、数値実験に基づいた理解も進んでいる地球の条件を設定したGCMにおいて、Kain-FritchスキームとRelaxed Arakawa-Schubertスキームによる雲構造や、熱収支、降水効果への影響の定量的な比較を行った。ここでの気温や降水量の外観的な結果は、両者で類似したものになると想定されたが、実際の計算結果では雲構造ではKain-Fritchスキームの方が低高度に広範囲の雲ができた。これは両者のデトレインメントの違いによるものであり、Kain-FritchスキームはRelaxed Arakawa-Schubertスキームよりも低高度で多くデトレインメントが起きていることが原因だと考えられる。次いで、このモデルに与える大気圧、大気組成、太陽フラックス、地形などをKamada et al. [submitted to Icarus] で適用した過去火星環境条件（0.5 –2.0 bar のCO_2大気）へ変更し、積雲対流スキームが作り出す雲構造の解析と水蒸気輸送の変化を、積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雲対流スキームがない場合と比較し定性的・定量的に評価する。本講演では、この試行結果の総括および今後の展望について報告する。

キーワード：火星、GCM、バレーネットワーク
Keywords: Mars, GCM, Valley Networks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]
*shinichiro kojima[1], Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2]

1. 大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 北海道大学 創成研究機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Creative Research Institution, Hokkaido University

From spacecraft observations and interior thermal modeling, Ganymede has been expected to possess a global ocean beneath its ice shell. To confirm an existence of the ocean, the JUICE (JUpiter ICy moons Explorer) mission has been prepared by ESA (The European Space Agency) and the spacecraft will be launched in 2022. After arriving at Jupiter system, the JUICE spacecraft is going to make several flybys Europa and Callisto and finally will orbits around Ganymede. During orbiting around Ganymede, the spacecraft will obtain several kinds of scientific data, for instance, surface topography from GALA (GAnymede Laser Altimeter) and surface images from JANUS (camera system). These data will provide important information about the tidal responses of Ganymede.

The tidal responses, e.g., tidal deformation and rotational variation, are caused by the gravitational force of other bodies such as a mother planet. The rotational variation includes libration, obliquity variation, nutation, and precession. In this study, we focus on the libration which is a spin rate variation caused by a torque acted on the aspherical degree-2 order-0 shape of the satellite. The libration changes the centrifugal force of a satellite and affects the tidal deformation. Inversely, tidal deformation affects the aspherical shape of the satellite.

Although Van Hoolst et al. (2013) has modeled the interaction of the tidal deformation and the libration, their tidal deformation models were simplified. In order to estimate an actual libration, we model 5-layered Ganymede interior and use the visco-elastic tidal deformation model constructed by Kamata et al. (2016). Our interior model consists of five layers, which have a homogeneous density and rigidity in each layer. The viscosities of the ocean, the high-pressure ice mantle, the rock mantle and the metallic core are homogeneous in each layer, and the viscosity of the ice shell is not homogeneous and depends on a radial temperature variation.
As a typical case, we use interior parameters which are the ice shell thickness of 155 km, the ice shell density of 940 kg/m^3 , the ocean thickness of 1 km, and the ocean density of 1050 kg/m^3 . Then we also use the three sets of a shell rigidity and a shell viscosity (1) 0.1 GPa and 10^{12} Pas, (2) 0.1 GPa and 10^{17} Pas, and (3) 10 GPa and 10^{17} Pas, respectively. The results for the libration amplitude are 34.1 m, 34.1 m, and 37.5 m respectively. As a conclusion, our calculation of the visco-elastic libration infer that the reference viscosity of ice (temperature-dependent viscosity of ice at a melting point) doesn’ t affect the amplitude of the shell libration. The ice rigidity affects the amplitude of the shell libration of order of a few meters.

キーワード：ガニメデ、潮汐変形、秤動
Keywords: Ganymede, tidal deformation, libration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1]
*Horikawa Kazuhiro[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学理学部
1. Kobe University Faculty of Science

We studied the impact strength of weak brittle materials changing the strength continuously from 40kPa to 800kPa, and found that the impact strength could be well scaled by using the non-dimensional impact strength.

Asteroids are believed to be constructed from various materials based on the long-term study related to meteorites. The components of S-type and C-type asteroids could be composed of chondrules and matrix; the chondrules are sub-mm size glass spherules and the matrix could be micron-size fine grained materials such as phyllosilicates and lithic fragments etc. Moreover, these components could have a wide range of porosity inside because they might be residual pore during the compaction process of planetesimals or relics of water ice or volatiles escaping from these bodies. Impact strength is one of the most important physical properties of asteroids because it could control the evolution of the size-frequency distribution of asteroids at the asteroid belt. The impact strength strongly depends on the asteroid size and it is dominated by the material strength at the size smaller than 100m, so that the impact strength should be determined by the laboratory experiments. Therefore, a lot of research have been conducted for rock, ice, and porous materials to investigate the material dependence, however the impact experiments using the target with the strength continuously changed have been hardly conducted so far. Then, we prepared the targets simulating asteroids composed of chondrules, matrix and pore and changed the internal structure of the target such as matrix ratio and porosity; the tensile strength was changed more than one order of magnitude, then we studied the relationship between the internal structure and the impact strength.

Impact experiments were conducted by using two-stage light gas gun at Kobe University, and we used a polycarbonate projectile with the size of 4.7mm and a nylon projectile with the size of 2mm and they were lunched at the velocity from 0.9km/s to 5.7km/s. The impact was conducted at a head-on collision. A spherical target with the size of 60mm were prepared by using quartz sands with the size of 100 μm and porous gypsum, and they are mixed with various mass ratio of quarts to gypsum from 2:1 to 8:1. The tensile strength of these materials (Y_t) was measured by using Brazilian test and it was found that the tensile strength changed from 40kPa to 800kPa with the increase of the gypsum mass ratio. The impact disruption was observed by a high-speed camera at 10^5fps.

The impact strength (Q*) was determined by using a largest fragment mass for each shot, and Q* was found to change from 400J/kg to 1900J/kg with the increase of the gypsum mass ratio. This means that the Q* is directly proportional to the tensile strength. However, the ejection velocity at an antipodal point (v_a), which was measured by using high-speed images, showed the almost similar results, irrespective of the tensile strength. A non-dimensional impact strength (P_I) is defined as the ratio of the target tensile strength to the antipodal pressure such as P_I=Y_t/P_a, where P_a is calculated by ρ C_b v_a/2. This P_I was proposed to scale the target with the different tensile strength. Then, the relationship between the largest fragment mass and P_I was examined to discuss the P_I scaling law for the catastrophic disruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We found that P_I is able to scale the largest fragment data very well, and this might mean that P_I could be applicable to asteroid components composed of weak brittle materials.

キーワード：衝突破壊、強度、衝突破壊強度
Keywords: collisional disruption, strength, impact strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1]
*Ryosuke Yagi[1], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Planetary Atmospheric Physics Group, Tohoku University, Japan

The purpose of this study is to investigate the evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere. Not only hydrogen and oxygen but also carbon escape to space is considered in this study. The early Martian atmosphere was influenced by a stronger Sun’ EUV radiation than today. The escape parameter, defined as the ratio of the gravitational potential to kinetic energy at a given altitude, could be small enough to allow massive escapes of these species under such a strong radiation. For example, the escape parameter of atomic carbon in the Martian atmosphere was estimated 0.8 times smaller than that of atomic oxygen and both densities at the exobase level were comparable at 4.1 Gyr ago (Tian et al., 2009). Hence, we consider that in early Mars, thermal escape of atomic carbon could be stronger than atomic oxygen, and oxygen dissociated from CO2 was left behind in the atmosphere. Assuming that the escape rates of atomic carbon and atomic oxygen were in the same proportion, we get results that carbon disappeared in 5 Myrs from 1 bar of CO2 atmosphere and only 0.4 bar of oxygen atmosphere remained around 4.2 Gyr ago. On the other hand, it was suggested that the Martian atmosphere about 3.5 Gyr ago could have several mbar or more of oxygen partial pressure(Noda et al., 2018). In the present study, we have developed a 1-D photochemical model of the early Martian atmosphere to investigate the evolution of the atmospheric composition, in particular from 4.2 to 3.5 Gyr ago. This model includes not only the effect of escapes of hydrogen, oxygen and carbon but also that of deposition to surface and degassing. In this presentation, we will show the influence of the atomic carbon escape to the evolution of oxygen partial pressure left behind in the early Martian atmosphere.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1]
*Takumi Nagano[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], masato nakamura[1], Fumiya Nagatomo[1]

1. 神戸大学理学部
1. Faculty of Science Kobe University

We studied the dependence of physical properties of planetesimals on the impact strength in the gravity regime, then we made laboratory impact experiments by using a Flash X-ray for porous gypsum and dry clay simulating planetesimals in order to obtain the relationship between impact fragment masses and ejection velocities.

The impact strength of planetesimals is one of the most important physical properties to clarify the planetary accretion process and the formation process of proto-planets and asteroids. Thus, the impact strength in the strength regime applicable to planetary bodies smaller than 100 m has been mainly studied in laboratory experiments. However, the impact strength in the gravity regime applicable to planetary bodies larger than planetesimals has been studied only by numerical simulations, and their results are not consistent with each other. Furthermore, recent numerical results conducted by Jutzi (2016) showed us that the material properties such as friction, cohesion and porosity affected the impact strength in the gravity regime drastically. Then, we made laboratory impact experiments to elucidate the material dependence on the impact strength in the gravity regime.

In order to determine the impact strength in the gravity regime by the laboratory experiments, we should obtain the relationships between the impact fragment masses and the ejection velocities, and especially, the fragments ejected from the interior of the disrupted target must be observed to construct the velocity −mass relationship for all the fragments. Then, we introduced 3 sets of flash X-ray generators and imaging plates to take transmitted X-ray images of a target with 3 mm steel balls arranged in it. These steel balls were used as makers of the motion of impact fragments, and the time sequence of these balls were observed by using X-rays to analyze the local velocities of the target’ s interior.

Impact experiments were conducted by using a polycarbonate projectile with the size of 7mm at the velocity of 2 −5 km/s, and the projectile was impacted on a spherical target with the size of 6 cm in a head-on collision. We used porous gypsum targets with the porosity of 50% and the tensile strength from 1 to 2 MPa and dry clay targets with the porosity of 48 % and the tensile strength different from the porous gypsum. All the targets were catastrophically disrupted into the largest fragment mass less than 0.2. As a result, we determined an upper limit of ejection velocities having a half mass of the target for each experiment, and we defined this upper velocity as a median velocity of V*. So, we studied how V* depended on the energy density, tensile strength and porosity, then we found that V* increased with the energy density for both targets. Moreover, we found that it strongly depended on the target porosity when it was compared with the previous result for the frozen clay with the similar tensile strength but without porosity, the V* for porous gypsum reduced to be 1/3 for the frozen clay. The V* for the dry clay was almost similar to that for the porous gypsum, thus this might mean that the tensile strength does not affect the V* even for the porous target.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：破壊
Keywords: Destruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動
Charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4]
*Kosuke Kurosawa[1], Takanori Iwasawa[2], Satoshi Okuzumi[2], Sunao Hasegawa[3], Takayuki Muranushi[4]

1. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、2. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 理化学研究所 計算科学研究機構
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3. ISAS, JAXA, 4. AICS, RIKEN

We studied the charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts to access the energy partitioning from the initial kinetic energy to the electrostatic one having the ejecta curtain. We conducted both hypervelocity impact experiments and numerical calculations. The impact experiments were done at ISAS/JAXA hypervelocity impact facility. A vertical gun was used to use granular materials as a target. High-speed video cameras for the visible and infrared were used to observed an impact-generated ejecta curtain. Any light sources were not used in this experiment. We constructed a numerical model by combining the iSALE shock physics code and the REBOUND N-body integrator. The processes of impact ejection under the conditions similar to the laboratory experiments were solved by the iSALE. The time at the ejection, ejection velocity, and the launch position of each particle was extracted as a txt file. Then, the txt file was imported in the REBOUND as a input file. At this time, we added random velocities to simulate the velocity dispersion. Although the dispersion would be inevitably added to each ejected particles in nature, it cannot be modeled in the hydrocode. The absolute magnitude of the random velocity was treated as a free parameter. Subsequent particle motions under the Earth’s gravity field and the resistance force by the surrounding air were calculated. The decceleration due to inelastic collisions and charge transport between particles were included into the calculations. The restitution coefficient was also treated as a free parameter. The degree of charge separation was given by an empirical law proposed by the previous experiment. The results are summarized as follows; (1) We did not observe a large-scale discharge in an ejecta curtain under the experimental condition, (2) we observed a number of bright points along with an produced-ejection flow, (3) we observed a mesh pattern in the ejecta curtain as well as a previous study, (4) we reproduced the mesh pattern in the REBOUND when we chose the degree of the random velocity to be 5-15% of the ejection velocities at the restitution coefficient of 0.8, (5) mutual collisions between granular particles cease at the early stage of the growth of the ejecta curtain, (6) the end time of the mutual collisions depends on the atmospheric pressure, and (7) the empirical law pertaining to the charge separation yields an unphysically-high electrostatic energy. In the presentation, we will present the current status of our research development and discuss the future plans.

Acknowledgements:We thank the developers of iSALE, including G. Collins, K. Wün- nemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausen. We also appreciate the developers of REBOUND, including Hanno Rein, ShangfeiLiu, David S. Spiegel, Akihiko Fujii, and Dan Tamayo.

キーワード：天体衝突、放出物カーテン、電荷移動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Hypervelocity impacts, Ejecta curtain, Charge transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

Nonlinear outcome of gravitational instability in irradiated protoplanetary disks

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2]
*Shigenobu Hirose[1], Jiming Shi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. Spotify USA Inc
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Spotify USA Inc

シアリングボックスにおける３次元輻射流体力学シミュレーションを用いて、中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展を、中心星からの距離rと面密度Σからなるパラメータ空間で調べた。どのパラメータでも、初期条件とした層流からはまず軸対称密度波が現れるが、自己重力の度合いは、rが大きくしたがって冷却時間が短いほど、あるいはΣが大きいほど、大きくなっている。この密度波はある程度成長すると非軸対称モードに対して不安定化して分裂し、最終的には、熱的なバランスが取れた重力乱流状態になるか、自己重力で束縛されたガス塊が形成される。その境界は、r-Σ空間において、r=75 AUと、$\Sigma=\Sigma_{0.2}$（初期のToomre Q値が0.2に相当するΣ）に見られる。前者は、冷却時間が$1/2\pi$回転周期にまで減少する半径に相当し、それを超えると冷却と加熱のバランスが取れなくなるため、ガス塊が形成される。この半径近傍では、たとえ一旦重力乱流状態になったとしても、その冷却時間の短さから密度の振幅が大きくなるため、いずれガス塊の形成に至る可能性が高い。一方、Σが後者の値を超えると、初期の層流が重力的にあまりにも不安定なため、半径（すなわち冷却時間の長短）にかかわらず、必然的にガス塊が形成されることになる。このように、原始惑星系円盤における重力不安定によるガス天体形成には、二つの異なる経路があり得る。なお、形成されたガス塊の中心への質量集中が大きく、温度が水素分子の解離温度を超えると、逃走的収縮が起こる。

キーワード：原始惑星系円盤、重力不安定、流体力学シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disks, Gravitational instability, Hydrodynamics simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用
Rheology of clay paste and application to the investigation of formation process of surface topography on the Mars

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2]
*Chihiro Uemura[1], Takahiro Iwata[1,2], Akio Nakahara[3], Yosuke Matsuo[3], Tomohiro Usui[2], Rina Noguchi[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 日本大学
1. SOKENDAI, 2. ISAS/JAXA, 3. Nihon Univ.

火星表面には水が関与して出来たとされる地形が多く存在する。中でもRSL(Reccuring Slope Lineae)は現在でも季節変化によって発生・消失を繰り返し、水の関与が強く示唆される地形である。この形成要因については、砂が流れることで形成されるという説も存在し、未だ議論が収束していない。

水が流れる時は、周囲の土砂を巻き込み、ペースト状態となる。このペーストは興味深い性質を持ち、惑星科学だけでなく物理的にも研究の対象となっている。ペーストは粒子間に働く力の種類によって引力系、斥力系の2種類に分けられる。このうち、斥力系の粒子のペーストについてはよく調べられて来た。一方、粒子間には引力が働く系の性質については未だ明らかではない。しかし、火星表面にも存在する粘土鉱物は引力の働く系であり、粘土ペーストの流動性(レオロジー)は火星表面地形を理解する上で、重要である。また、RSLのように温度依存性が示唆される地形も存在することから、本研究では特にレオロジー(降伏応力、粘性率)の温度依存性に注目し、引力系ペーストの性質を調べる実験を行なった。

<実験方法>

粘土鉱物と同じく、粒子間に引力の働く炭酸水酸化マグネシウムを使用した。測定にはレオメーター(Anton Paar, Physica, MCR-301)を用いた。二重円筒型の流路を使用し、ペーストに対して時間とともに線形的に増加するせん断応力をかけた時に得られるせん断速度を測定した。異なる5通りの固相率のペーストに対し，0℃～75℃まで25度刻みで4つの温度について各4回ずつ測定を行い、得られたデータから降伏応力及び粘性率を求めた。

<結果>

通常の弾塑性体の降伏応力は温度の上昇に伴って減少するが、本研究では引力系ペーストにおいては降伏応力は温度の上昇に伴って大きくなるという逆の結果が得られた。理論モデルの解析により斥力系ペーストでは降伏応力は絶対温度に比例して増加するとの予測はあるものの、引力系ペーストの降伏応力の増加率は斥力系ペーストの理論予測をはるかに上回ることを示した。

粘性率については降伏応力とは異なり、通常の粘性流体と同様に温度の上昇に伴い粘性率が減少する傾向が見られた。これは、温度の上昇に伴い、溶媒である水の粘性率が低下する影響であると考えられる。

<考察>

実験結果から引力系のペーストのレオロジーは斥力系よりも強く温度に依存することがわかった。この原因として、温度変化に伴い、(1)粒子の電荷が変化(2)粘性の変化などの要因が考えられる。今後、実験・シミュレーションを通して明らかにしていきたい。

また、将来的にはこれらの実験結果を火星地形に適用し、形成要因へ制限をつけたい。そのためには、火星環境では実験結果がどう変わるのか等検討していく必要がある。

キーワード：火星、RSL、レオロジー、降伏応力、粘土ペースト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Mars, RSL, rheology, yield stress, clay paste

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈
An Explanation for Physical Mechanism of the Streaming Instability

*金子 寛明[1]
*Hiroaki Kaneko[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institude of Technology

惑星は、固体微粒子が集まって形成された大きさ数kmないし数十kmほどの微惑星という天体を経て形成されると考えられている。しかし，数十 cmサイズのダストは1 auの位置から100年ほどの極めて短いタイムスケールで中心星に落ちてしまう。このダストの落下問題によって微惑星形成は困難とされる中、Youdin & Goodman (2005)(YG05)が発見したダスト・ガスの二流体の線形不安定 “Streaming Instability” (SI) によるダスト密度上昇とそれに続く自己重力崩壊が微惑星形成の一つの可能性として考えられている。SIについては線形および非線形の数値計算がされていて不安定が存在することは確かであるものの、分散関係式が高次に及ぶこともありメカニズムは難解である。Jacquet, Balbus, & Latter (2011)(JBL11) はterminal velocity approximationを用いた連続の式の変形から、その解釈を試みている。その説明は次のようなものである。

1. ガスの高圧の部分にダストが溜められる。

2. ダストはガスを引きずって、この高圧の部分にガスを集める。

3. 高圧部の圧力がさらに強まり、不安定が成長する。高圧部では圧力勾配によってガスは分散しようとするが、コリオリ力とダストによるドラッグが地衡風平衡を保っている。

この説明では赤道平面内でメカニズムが完結しているが、 YG05では鉛直方向の移流のほうが半径方向よりも卓越していて、かつ、密度の極大に向かっているとあり、JBL11の説明には疑問が残る。

本研究ではYG05が用いているTerminal velocity approximationによって簡単化された分散関係式の解析を行い、ダスト密度やガス圧力、ダストの半径方向、鉛直方向の速度の揺らぎについて成長する波の成分の位相関係を計算する。これにより、JBL11とは異なり、鉛直方向の運動も考慮したSIのメカニズムの説明を考える。

本研究で得たSIのメカニズムは以下の通りである。

1. 基本場としてガスはダストから角運動量を受け取り、中心星より遠方へと運動する。ダスト密度に濃淡があると、ダスト密度の違いによってガスへの角運動量の供給に違いが生じ、半径方向にガス圧力の揺らぎができる。

2. 高圧部からは鉛直方向にガスが流出し、低圧部にはガスが流入する。ダストもこれに引きずられ、同様に高圧部から流出、低圧部に流入する。

3. ダスト密度の揺らぎの位相は中心星方向に進む。ダスト密度の極大はガスの低圧部へと向かい、そこで鉛直方向から流入するダストと合流し、ダスト密度の揺らぎの振幅が大きくなる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

この説明は，線形解析で得られる揺らぎの動きを全て矛盾なく捉えていることはもちろん，物理的にもわかりやすいものであると思われる。

キーワード：ストリーミング不安定、原始惑星系円盤、微惑星形成、流体力学、線形安定解析
Keywords: Streaming Instability, protoplanetary disk, protoplanetesimal formation, hydrodynamics, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1], Vadim Vladimirovich Perepelkin[1], Wai Yan Soe[1]

1. Moscow Aviation Institute

The variation of the Chandler and annual components of the polar motion are of a significant interest in the Earth pole oscillatory process research. Generally these variations are quasiperiodic. But some regular oscillations can be isolated from it that correspond with the basic periods of the lunar motion. Here we discuss the theoretical assumptions of the observed effect as well as the experimental rules that illustrate the relationship between the Earth pole oscillations and the lunar motion.
The complex process of the Earth pole oscillations includes components with frequency and amplitude that differ significantly from each other. Processing the pole motion observations over the last 100 years result in statistically convincing definition of the main characteristics in its oscillatory process. Basic components in the Earth pole motion are Chandler wobble, annual oscillation and also polar motion's trend. Observed Earth pole oscillations have a wobbling character. The trajectory of the pole on the Earth surface is a winding and unwinding spiral with a period of about six years.
Actual problem that was stated by P. Melchior (Melchior, 1972) about the instability in the basic components parameters of the Earth pole is still not sufficiently explored. This problem is connected with the exploring the celestial-mechanics' and geophysical causes of such behavior in the Chandler and annual components, and also with the construction of the refined models of the forecasting the Earth orientation parameters for long time intervals.
In this work along with the common methods of the separating the pole oscillation process into the Chandler and annual components we suggest an approach to the resulted Earth pole trajectory research. For the purpose of analyzing the nonstationary resulted pole motion a perturbed trajectory is isolated. For the unperturbed trajectory a “mean” one is chosen –the Earth pole trajectory where the Chandler and annual oscillation parameters have mean values.
The differential equations for the amplitude a and phase ψ of the Earth pole modulation motion can be derived from the dynamical Euler–Liouville equations of Earth motion around its center of mass (Markov, Perepelkin et al, Astronomy Reports, 2018 and Markov, Perepelkin at al, Doklady Physics, 2017).
It is shown that the significant impact into the variations of the basic pole oscillation components is given by the long-term perturbations from the lunar orbit. The analysis of these perturbations is held using the wavelet and Fourier transformations. On the long time interval it shows matching phases of the perturbed polar motion and the lunar orbit motion using the available series of observations C04 and C01 from the International Earth Rotation and Reference Systems Service. This feature can be used to refine the model of the forecasting the Earth pole oscillations. And taking into account these structural features of the oscillations the refined numerical-analytical model of the Earth pole motion is presented.
Thus the graphical correspondence between the Earth pole oscillations and the motion of the lunar orbit is presented. It is shown that the refined model gives a more accurate description of the Earth pole motion by comparing the model computation results with the observations made by the International Earth Rotation and Reference Systems Service.

Keywords: Earth pole oscillations, Numerical-analytical model, Chandler Wobble, Lunar orbit perturbations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル
Chondrule formation model by lightning in high dust density regions

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1]
*Chihiro Ikeda[1], Taishi Nakamoto[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

コンドリュールは半径0.1-1 mmの球状の組織で、コンドライト隕石の主要な構成要素である(Scott 2007)。コンドリュールは太陽系形成初期に形成されたことが分かっている。そのため、コンドリュールは初期太陽系星雲についての重要な情報を持っている可能性がある。コンドリュールは初期太陽系星雲内でダスト粒子が数分以内で加熱されて溶融し、1-1000 K/hourの速度で冷却され固まったと考えられている(Desch et al. 2012)。また、コンドリュールは揮発性物質を含むことから、ダスト密度の高い領域で形成されたとされている (Alexander et al. 2008)。コンドリュールの形成メカニズムは解明されていないが、衝撃波、天体衝突、X-wind、雷によって形成されたとする説がある。本研究では、雷によるコンドリュール形成について、コンドリュール の熱進化の観点から研究を行った。

コンドリュールの熱進化は今までに、Horanyi et al. (1995)で研究された。この研究では初期太陽系星雲での雷の発生を仮定し、雷内のガスとダストの時間進化についての数値計算を行い、コンドリュールの熱進化を計算した。計算の結果得られたコンドリュールの冷却速度は、結晶組織の分析から推定されているコンドリュールの冷却速度よりも速くなった。一方、雷の発生についての研究によると、雷の発生にはダストとガスの質量比は100:1以上である必要がある (Muranushi 2010)。しかし、Horanyi et al. (1995)では雷の内部にはダスト粒子が1個だけ存在する状況を考えていた。
本研究ではダスト密度の高い領域での雷の発生を考え、コンドリュールの熱進化を数値計算した。特に、ダスト密度が高い状況でコンドリュール形成の冷却速度条件を満たすことができるのかを調べた。その結果、コンドリュール形成条件に合う状況が存在することが分かった。本研究により、初期太陽系星雲において、雷によるコンドリュール形成が可能であることが示唆された。

キーワード：コンドリュール、雷
Keywords: chondrule, lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究
The transition to superrotation in stratospheric atmospheres

*墨 幹[1]
*Motoki Sumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

タイタンは発達した大気や地表面に安定した液体を太陽系内の衛星で唯一持っている天体である。その観測の歴史は1908年に大気の存在が示唆されたところから始まる。1970年代には観測技術の進歩からタイタン大気の温度構造や大気組成が明らかになってきた。また、1997年に打ち上げられたCassini-Huygens探査機では、土星系を訪れ、Huygensプローブをタイタン大気に突入させ、高精度の観測を行った。現在では、ALMA望遠鏡による地上サブミリ波観測が行われており、高解像度での観測が可能になっている。

タイタン大気の特徴として全球規模で自転を追い越す向きの高速東西風であるスーパーローテーションの存在が観測で明らかになっている。その風速はHuygensの突入した南緯約10度において高度120㎞近くで東向きに100m/sにも及ぶが、観測データの少なさや大気構造の複雑さからそのメカニズムの究明に難航している。また、スーパーローテーションの生成メカニズムも統一した理論は完成しておらず、さまざまな理論が提唱されている。代表的なものとして、Gieraschにより提案されたGierasch メカニズムやFelsとLindzenにより提案された熱潮汐波によるメカニズムがある。

本研究では、地球モデルを用いて、惑星半径のみを変えてスーパーローテーションを発生させる実験を行った。数値モデルとして地球流体電脳倶楽部の開発する、惑星大気大循環の数値シミュレーションモデルDCPAM5を用いた。乾燥大気を仮定しモデルの基礎方程式系として、プリミティブ方程式を用いた。加熱・冷却過程としてHeld and Suarez(1994)モデルに成層圏の圧力依存性を加えたWilliamson(1997)のモデルを用いた。計算時間は十分定常性が確認できた1080日までの時間発展計算を行い、描画では計算終了の360日間を時間平均した。

はじめに、温度場、質量輸送分布、東西風速場の東西平均を出力し、大気の子午面空間の構造を比較し、スーパーローテーションの発生している設定、高度などの分布を調べた。地球モデルでは対流圏と成層圏の中緯度で西風ジェット気流が発生したが、赤道では東風が吹いている。惑星半径を小さくすると、対流圏では赤道でも西風が加速され、スーパーローテーションが発生した。成層圏では下層で赤道スーパーローテーションが発生したが、成層圏上層では中高緯度にジェットが発生したのみで赤道では高速の西風までは発生しなかった。

次に、角運動量を赤道上層に維持するメカニズムを調べるために、温度の帯状擾乱の分散、東西風速場の帯状擾乱スペクトルを出力し、大気中に存在する波の構造をまとめた。対流圏において地球モデルでは、中緯度に帯状波数4以上の波が多く存在し、中緯度に東向きの角運動量が集積された。しかし、惑星半径を小さくしていくと、帯状波数の大きい波が減少し、波数1付近の全球規模の波が卓越している。成層圏においても同様に地球モデルでは対流圏ほどではないが波数の大きい波が存在している一方で、惑星半径を小さくしていくと、波数の小さい波しか残らなくなる。

しかし、成層圏では赤道スーパーローテーションと中高緯度ジェットが高度の異なる領域に発生しており、スーパーローテーションを維持するメカニズムは対流圏でのメカニズムと多少異なる可能性がある。その違いについて更なる解析が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions

*Corentin LOUIS[1,2,3], Sebastien L. Hess[4], Baptiste Cecconi[2,3], Philippe Zarka[2,3], Laurent Lamy[2,3], Stéphane Aicardi[5], Alan Loh[2]

1. IRAP, Toulouse, 2. LESIA - Observatoire de Paris, 3. USN, Observatoire de Paris, 4. ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France, 5. DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France

All magnetized planets are known to produce intense non–thermal radio emissions through a mechanism known as Cyclotron Maser Instability (CMI), requiring the presence of accelerated electrons generally arising from magnetospheric current systems. In return, radio emissions are a good probe of these current systems and acceleration processes. The CMI generates highly anisotropic emissions and leads to important visibility effects, which have to be taken into account when interpreting the data. Several studies showed that modeling the radio source anisotropic beaming pattern can reveal a wealth of physical information about the planetary or exoplanetary magnetospheres that produce these emissions. We present a numerical tool, called ExPRES (Exoplanetary and Planetary Radio Emission Simulator), which is able to reproduce the occurrence in time–frequency plane of CMI–generated radio emissions from planetary magnetospheres, exoplanets or star–planet interacting systems. Special attention is given to the computation of the radio emission beaming at and near its source. We explain what physical information about the system can be drawn from such radio observations, and how it is obtained. These information may include the location and dynamics of the radio sources, the type of current system leading to electron acceleration and their energy and, for exoplanetary systems, the magnetic field strength, the orbital period of the emitting body and the rotation period, tilt and offset of the planetary magnetic field. Most of these parameters can be remotely measured only via radio observations. The ExPRES code provides the proper framework of analysis and interpretation for past (Cassini, Voyager, Galileo. . .), current (*Juno*, ground-based radiotelescopes) and future (BepiColombo, Juice) observations of planetary radio emissions, as well as for future detection of radio emissions from exoplanetary systems (or magnetic white dwarf–planet or white dwarf–brown dwarf systems). Our methodology can be easily adapted to simulate specific observations, once effective detection is achieved.

Keywords: Planetsandsatellites:Aurorae, Radiocontinuum:Planetarysystems, Radioemissions simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crustal structures of major mercurian basins

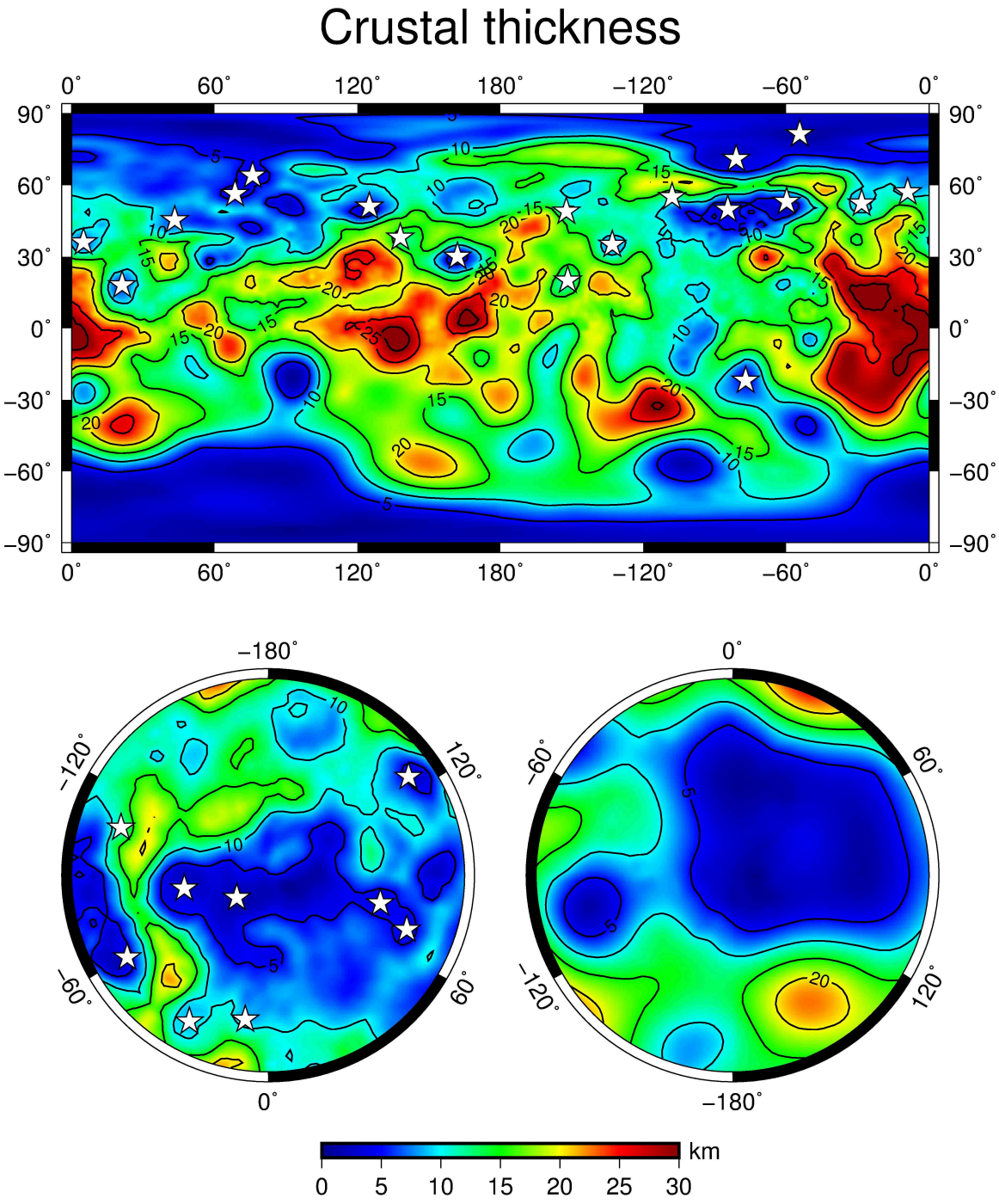
*Qingyun Deng[1], Fei Li[1], Jianguo Yan[1], Zhiyong Xiao[2]

1. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 2. Planetary Science Institute, China University of Geoscience

Mercury is the innermost planet in the solar system. Its surface resembles to the Moon, which is characterized with large number of impact basins, indicating an intensive bombardment history. From the data acquired by previous Mercury missions, the spatial distribution, relative age, and morphology of impact basins on Mercury is studied. Gravity data from NASA MESSENGER mission revealed the crustal structures of mercurian basins, providing information about the crust properties of the early Mercury when those basins formed. In this work, the crustal thickness ratio for each basin is calculated from global crustal thickness model obtained by inverting gravity data. The relation between crustal thickness ratio, basin relaxation state, and relative age is investigated and some implication for the early evolution of Mercury is discussed.

Keywords: crustal structures, impact basin, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand -[1], Mayank Sharma[1], Rahul Dev Garg[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Now a day’ s remote sensing and geospatial techniques are gaining popularity as they offer correct and precise information of any object situated at a distant place. Advanced remote sensing techniques like terrestrial laser scanning (TLS), mobile laser scanner(MLS), close range photogrammetry(CRP), smart total station(STS) and GNSS are the useful techniques for creating a 3D (three-dimensional) documentation of complex engineering structures or cultural heritage sites. The integration of these techniques with other methods like topographic survey or physical measurement method also offer the potential to the user to perform a complete 3D documentation of any structure.

This paper presents a methodological framework for the 3D digital documentation of cultural heritage sites from laser scanned datasets. The framework includes acquisition of point cloud datasets through laser scanners and their conversion to 3D models. 3D models are useful for planning and surface detail measurements. Detailed planimetric and elevation information or plans could be easily extracted from developed 3D models. These planimetric informations and elevation plans are useful for the conservation and preservation of structure, and can help in restoration of these structures in case of any damage due to natural disasters or other seismic activities.

Keywords: TERRESTRIAL LASER SCANNER, 3D DIGITAL DOCUMENTATION, ELEVATION PLAN, POINT CLOUD, SOLID 3D MODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1], Irina Michailovna Ryabikova[2]

1. Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university, 2. Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university

Our approach to the phenomenon of tides differs from the traditional one, in which an empirically tidal potential with Love numbers is introduced. We consider the motion of two viscoelastic bodies, the Earth and the Moon treated as a double planet, in the gravitational field of a massive point, the Sun.The deformations of the bodies are described by the classical theory of small deformations. The influence of viscous forces is described by the dissipative functional of the Kelvin-Voigt model. The quasi-static equation of the elasticity theory is solved for obtaining the displacements of body points. The method of averaging and separation of motion is used for solving of this equation. The displacements of each point of the deformable body consist of displacements caused by centrifugal forces, the forces due to body elasticity and dissipative forces due to body viscosity. Substituting these displacements in the potential formulae and integrating over the each body, we get the potential of the system and the moments of forces acting on the bodies.. Knowing the displacements, we determine the shape of deformable bodies, their moments of inertia and the lagging angle. The results of this approach are compared with the results of the traditional theory.

Keywords: Earth-Moon system, viscoelastic bodies, moments of forces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The consequences of Saturn’s “ring rain”

*James O Donoghue[1,2], Luke Moore[3], Jack Connerney[4,1], Henrik Melin[5], Tom Stallard[5], Sean Hsu[6], Steve Miller[7], Kevin Baines[8]

1. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan, 3. Boston University, USA, 4. Space Research Corporation, Maryland, USA, 5. University of Leicester, UK, 6. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA, 7. University College London, UK, 8. NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA

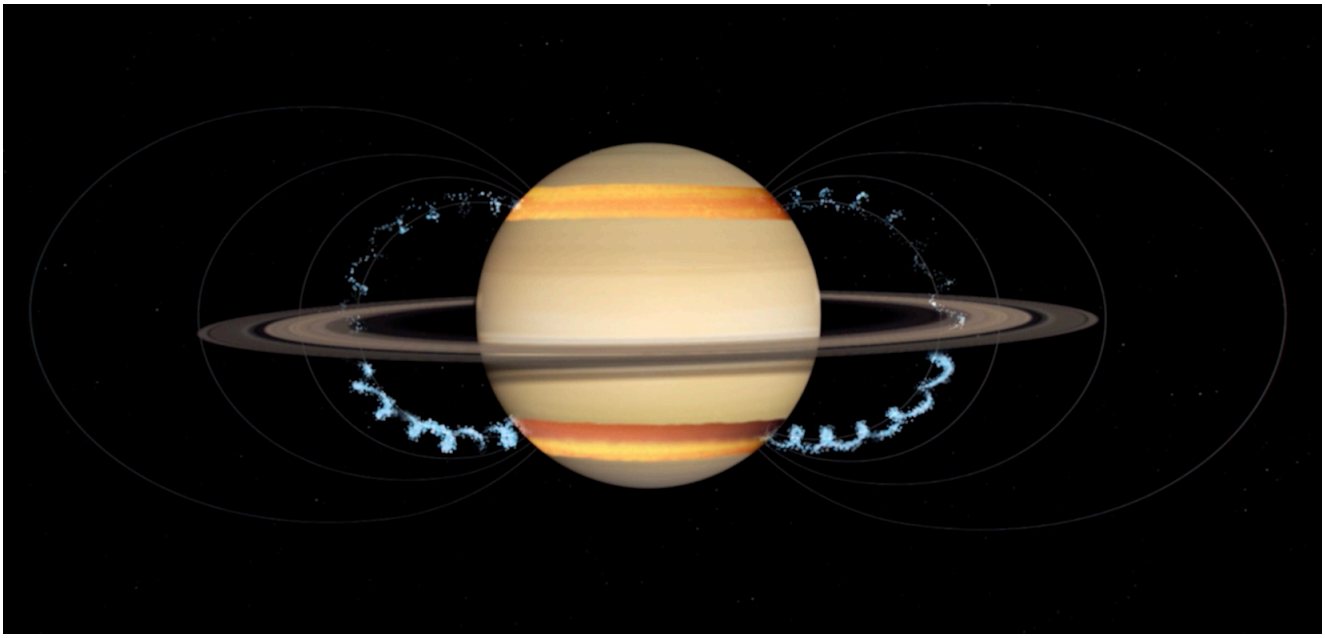
Saturn’s upper-atmospheric H3+ emissions have been previously studied using ground-based observations, and found to exhibit peaks in emissions at specific latitudes. The cause of these peaks is due to an influx of charged water products originating from Saturn’s rings known as 'ring rain'. Subsequent modeling using the Saturn Thermosphere Ionosphere Model (STIM) has indicated that these peaks in H3+ emissions are likely driven by an increase in H3+ density, rather than temperature, as a local reduction in electron density (due to charge exchange with water) lengthens the lifetime of H3+. However, a direct observation of the H3+ density is required to estimate the flow rate of material into Saturn with models. Calculation of ring rain’s flow rate into Saturn is a highly important input for determining the age, lifetime and evolution of Saturn’s rings.

Here we present the first ever derivation of H3+ density, temperature and radiance in the non-auroral regions of Saturn, using data taken from the 10-meter Keck telescope in 2011. H3+ density is enhanced near 45 degrees north planetocentric latitude and strongly reduced near 39 degrees south. When compared to STIM modeling results, these densities indicate a small ~50kg/sec water influx in the north and an enormous ~1500 kg/sec influx in the south. The charged grains are pulled in along the magnetic field by gravity, but the southward-inclination of the magnetic field (in the vicinity of the ring plane) means that the grains are preferentially drawn southwards into the planet. Assuming that our (Saturn northern Springtime) measurement represents all seasons, and that the rings are able to disperse over time, the ring rain mechanism alone will drain Saturn’s rings to the planet within 300 million years. If we also add the recent Cassini-spacecraft measured ring-material detected falling into Saturn’s equator (and assume it is constant), then the rings have less than 100 million years to live.

Recent measurements by Cassini again have estimated a ring age of ~50 million years, so it seems that Saturn’s rings are short-lived phenomena, perhaps lasting just 150 million years in total. A long time on human timescales, but compared to the 4.5 billion year age of Saturn, the rings are essentially temporary; i.e. if Saturn were 30 years old, the ring system would exist for just 1 year of its life! These recent findings indicate that ring systems in general are practically doomed to be removed as soon as they are formed. Indeed, the ring rain mechanism itself ought to be universal at any planet with both a ring system and a strong magnetic field. We might ask, did Jupiter, Uranus and Neptune, which have thin rings today, once have magnificent rings in the past that have eroded away?

Keywords: Saturn, Rings, Ionosphere, Magnetosphere, Atmosphere, Ring rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Calculation of kinetic rate constants using high-level *ab initio* quantum chemical methods for planetary sciences and astrochemistry

*Shiblee Ratan Barua[1,2], Paul Romani[1]

1. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA, 2. Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA

Existing photochemical models for the atmospheres of planetary bodies suffer from large errors when predicting the mole fraction profiles of various compounds. Global sensitivity analyses show that a major source of these model errors can be attributed to inaccurate rate coefficients for “key” radical–radical and radical–neutral reactions in low-temperature conditions. Accurate rate coefficients for key reactions thus improve the accuracy of photochemical models. Unfortunately, accurate experimental rate constants for such low-*T* reactions are difficult, if not impossible, to measure, and the lab data are affected by uncertainties in determining the absolute concentrations of radical species. Currently, the most common theoretical approach involves uncertainty extrapolation technique in which uncertainties in room-temperature rate constants are extrapolated to low-temperature conditions, resulting in large errors in the theoretical low-*T* rate constant data. To solve this existing problem, we are employing the two-transition-state (2TS) model developed by Klippenstein and coworkers to calculate high-level *ab initio* rate-constants for key low-*T* (*i.e.* 10–200K) reactions relevant to planetary atmospheres like that of Titan. In particular, we are investigating key reactions that have not yet been studied in the lab, and for which accurate rate coefficients are still unknown. Our calculated *ab initio* rate coefficients will be made available to the astrochemistry community via well-established free online kinetic databases (*e.g.* KIDA). These rate coefficients will be used by scientists in photochemical models to make accurate predictions of mole fraction profiles for planetary atmospheres and improve our understanding of the diverse chemistry of these bodies.

Keywords: Titan atmosphere, Low-temperature reaction kinetics, Ab initio quantum chemistry, Photochemical model, Plantery science, Astrochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

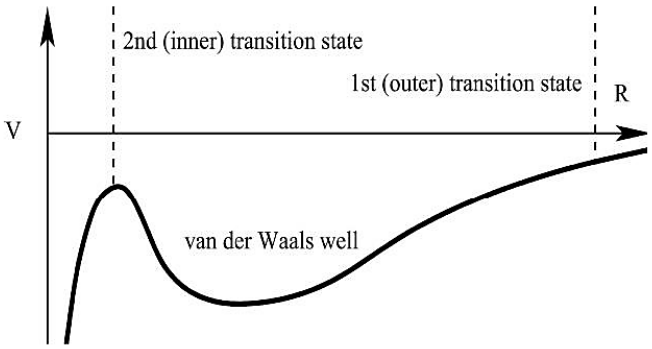


Figure 1. Schematic one-dimensional picture of the potential energy as a function of the reaction coordinate for a neutral–neutral reaction leading to bimolecular products. In its approach, the 2TS model incorporates both the 1st (outer) transition state for barrierless association reaction and the 2nd (inner) transition state for reaction path with a barrier. **Source:** Georgievskii and Klippenstein, 2007.

Table 1: Selected key reactions currently being investigated that are responsible for uncertainties in the mole fractions of major nitrogen species (left-most column) in low-*T* Titan conditions. Each reaction shown here has an absolute Rank Correlation Coefficient (RCC) value, a quantitative indicator of the sensitivity of model mole fractions on rate constants, greater than the chosen threshold of 0.2 at 100 km or above (right-most column). **Source:** Loison *et al.*, 2015.

Affected N Species	Key Reactions	|RCC| > 0.2
NH_3	$N(^4S) + NH_2 \rightarrow N_2 + H + H$	(100, 900) km
HNC	$N(^4S) + {}^3CH_2 \rightarrow HNC + H$	100 km
CH_2NH	$N(^2D) + CH_4 \rightarrow NH + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$^1CH_2 + CH_4 \rightarrow CH_3 + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$C_2N + H \rightarrow HCN + C$	900 km
C_2H_3CN	$CHCN + H \rightarrow C_2N + H_2$	900 km

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？
How many conditions must be satisfied to produce a habitable planet?

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2]
*Shigenori Maruyama[1], Soichi Omori[2]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 放送大学教養学部
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. The Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

<Purpose>

Concept of habitable zone (HZ below) is regarded as the presence of stability field of liquid water on the surface of planet. HZ is regarded as the most important condition to produce a habitable planet. However, we think the presence of liquid water is not enough to be habitable. We list up other necessary conditions (6+5=11) to produce a habitable planet in the Universe.

<Method>

The best studied habitable planet is the Earth. Therefore, based on the research results of the Earth, we consider necessary conditions. Key points are chemical composition of primordial atmosphere and biosphere.

<Result>

Based on the research of the Earth, I propose there are at least 6 conditions to be a habitable planet in case of the solar system. (1) a planet must be given totally 400 bars CO_2, 300 bars water, and 50-60 bars N_2 as minimum values. In addition, such an amount is given gradually with time (ABEL model) not to become Venus-state, (2) the presence of extremely small amount of ocean water (3km ±1km thickness), (3) the presence of huge landmass (continent above sea level) to finally provide habitable trinity condition to drive the material circulation to give nutrients through water-rock interaction to feed primordial life. (4) Initiation of plate tectonics to keep dynamic equilibria not to become Venus state. (5) selective transportation of CO_2 into mantle, while H_2O remains on the surface, and N_2 remains all in atmosphere, (6) the presence of biosphere, if not, fixation of atmospheric CO_2 is restricted only to inorganic carbonates that would be insufficient to prevent evolving into Venus-state.

<Discussion>

These six conditions are deduced from the history of the Earth. However, if we enlarge the concept to exoplanets based on the research of the solar system, the following five conditions are added; (7) the distance from the central star, (8) the abundance of atmosphere, (9) mass and composition of central star, (10) size and composition of planet, and (11) circular orbital path.

キーワード：ハビタブルプラネット、生命惑星をつくる条件
Keywords: habitable planet, conditions to produce a habitable planet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発
Quantitative Evaluations for Meteorite Impact Tsunami

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Tetsuharu Fuse[2], Toshitaka Baba[3]

1. 防災科研、2. 情報通信研究機構、3. 徳島大学
1. NIED, 2. NICT, 3. Tokushima University

Tsunami induced by earthquakes, submarine landslides, volcanic eruption in submarine and coastal area and meteorological phenomena is one of the most devastating natural disasters. A meteorite impact into the oceans spawn large tsunami depending on the size and velocity of the meteorite and the sea depth at the location of the impact as well. However, we do not have a numerical model to reproduce both of meteorite impacts and tsunami propagations. We have started to develop a new numerical model to simulate tsunamis generated by the meteorite impact combining iSALE (Wünnemann et al., 2006) for simulating impact phenomena and JAGURS (Baba et al., 2017) for simulating tsunami. The iSALE is a multi-material and multi-rheology shock physics code for simulating impact phenomena. JAGURS is a parallelized tsunami simulation code to solve two-dimensional non-linear long-wave equation with Boussinesq terms for representing observed tsunami waveforms, tsunami height and inundation. We set sea-floor deformation, sea-surface disturbance and velocity of gravity wave which is the output from iSALE to the input of JAGURS. We then calculate tsunami height along the coastlines in any place using ASTER GDEM version 2 (Fujisada et al., 2012) and GEBCO_2014 Grid. ASTER GDEM has one arcsecond (about 30 m) spatial resolution and covers land between 56S and 60N latitude as a topographic data. GEBCO’s gridded bathymetric data has thirty arcseconds (about 1 km) spatial resolution for the worldwide.

We first investigate the tsunami generation using iSALE code for creating tsunami source model depending on the meteor size, the velocity of impact, the size of cavity, the width and depth of crater and tsunami propagation speed. We also investigate probabilistic hazard of meteorite impact tsunami using simplified cavity curves with developed JAGURS built-in. Finally, we construct a new numerical model of meteorite impact tsunami combining iSALE and JAGURS. Additionally, we consider the way of automatic detection of meteorite impact using the recode of the highly sensitive seismograph network in real-time.

iSALE の 開 発 者 で あ る Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen の各氏に感謝致します．本研究の一部はJSPS科研費 JP18K04674の助成を受けたものです．iSALEの計算及び可視化は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトCfCAの計算サーバ及び解析サーバで実施しました．記して感謝致します．

キーワード：隕石、衝突、津波
Keywords: Meteorite, Impact, Tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)、座長:片岡 龍峰(国立極地研究所)

We share the latest scientific papers to understand how the solar-terrestrial environment changes in various time scales, and to discuss how we will react via international and interdisciplinary collaborations. More specifically, welcomed papers include space climate studies to reconstruct long-term variations from radio isotopes; cutting-edge observational and modeling studies of the ionosphere, geospace, heliosphere and the sun; simulation and statistical studies to predict the future space weather and space climate; applied science such as operational space weather forecast and mitigation of the social impact due to extreme space hazards.

9:00 ~ 9:15

[PEM12-25] Variation of carbon-14 in tree rings around the onset of the Spoerer Minimum

★Invited Papers

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、大山 幹成[3]、箱崎 真隆[4]、武山 美麗[2]、櫻井 敬久[2] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.東北大学、4.名古屋大学)

9:15 ~ 9:30

[PEM12-26] Current Status of WASAVIES: Warning System for Aviation Exposure to Solar Energetic Particles

★Invited Papers

*佐藤 達彦[1]、片岡 龍峰[2,3]、塩田 大幸[4,5]、久保 勇樹[4]、石井 守[4]、保田 浩志[6]、三宅 晶子[7]、Park InChun[5]、三好 由純[5] (1.原子力機構、2.極地研、3.総研大、4.情報通信研究機構、5.名古屋大学、6.広島大学、7.茨城高専)

9:30 ~ 9:45

[PEM12-27] 太陽高エネルギー粒子(SEP)の発生に関する統計的研究

*木原 孝輔[1]、黄 于蔚[2]、西村 信彦[3]、八代 誠司[4]、新田 就亮[5]、一本 潔[2]、浅井 歩[2] (1.京都大学理学研究科宇宙物理学教室、2.京都大学大学院理学研究科附属天文台、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所 、4.米国カトリック大学物理学科、5.ロッキード・マーティン太陽天体物理学研究所)

9:45 ~ 10:00

[PEM12-28] 名古屋多方向ミューオン計で観測された宇宙線強度の長周期変動

*宗像 一起[1]、Rafael Mendonca[2]、加藤 千尋[1]、徳丸 宗利[3] (1.信州大学理学部物理科学科、2.ブラジル宇宙科学研究所、3.名古屋大学ISEE研究所)

10:00 ~ 10:15

[PEM12-29] Solar modulation of galactic cosmic rays during grand minima: A hybrid simulation

*三宅 晶子[1]、松本 倫明[2,3]、片岡 龍峰[4,5]、佐藤 達彦[6]、塩田 大幸[7]、宮原 ひろ子[8]、今田 晋亮[9]、上野 遥[10] (1.茨城工業高等専門学校、2.法政大学、3.プリンストン大学、4.国立極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.日本原子力研究開発機構、7.情報通信研究機構、8.武蔵野美術大学、9.名古屋大学、10.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[PEM12-30] Overview of radio propagation project

*Kornyanat Hozumi[1]、Hiroyuki Nakata[2]、Susumu Saito[3]、Takumi Kondo[1]、Ryo Nakao[2]、Takashi Maruyama[1]、Takuya Tsugawa[1]、Mamoru Ishii[1] (1.National Institute of Information and Communications Technology、2.Graduate School of Engineering, Chiba University, Chiba, Japan、3.National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology, Electronic Navigation Research Institute (ENRI), Tokyo, Japan)

Variation of carbon-14 in tree rings around the onset of the Spoerer Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、大山 幹成[3]、箱崎 真隆[4]、武山 美麗[2]、櫻井 敬久[2]
*Hiroko Miyahara[1], Fuyuki Tokanai[2], Toru Moriya[2], Motonari Ohyama[3], Masataka Hakozaki[4], Mirei Takeyama[2], Hirohisa Sakurai[2]

1. 武蔵野美術大学、2. 山形大学、3. 東北大学、4. 名古屋大学
1. Musashino Art University, 2. Yamagata University, 3. Tohoku University, 4. Nagoya University

Solar activity in the past has been reconstructed using carbon-14 in tree rings and beryllium-10 in ice cores, and it has been indicated that the Sun has long-term activity cycles such as Gleissberg cycle (~88 yrs) and the de Vries cycle (~200 yrs). Long-term variations of solar activity sometimes bring the grand minima such as the Dalton Minimum (1800-1820 CE) and the Maunder Minimum (1645-1715 CE). The detailed mechanism of such grand minima, however, remain unsolved. Reconstruction of solar cycles around the onset of the grand minima may shed light on the process of the occurrence of grand minima. We therefore have been conducting high-precision measurement of carbon-14 in tree rings with annual resolution using the Accelerator Mass Spectrometer at the Yamagata University. In this paper, we present our recent results on the measurement of carbon-14 around the onset of the Spoerer Minimum.

キーワード：太陽活動周期、太陽活動極小期、宇宙線生成核種
Keywords: solar cycle , grand solar minima, cosmogenic nuclide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

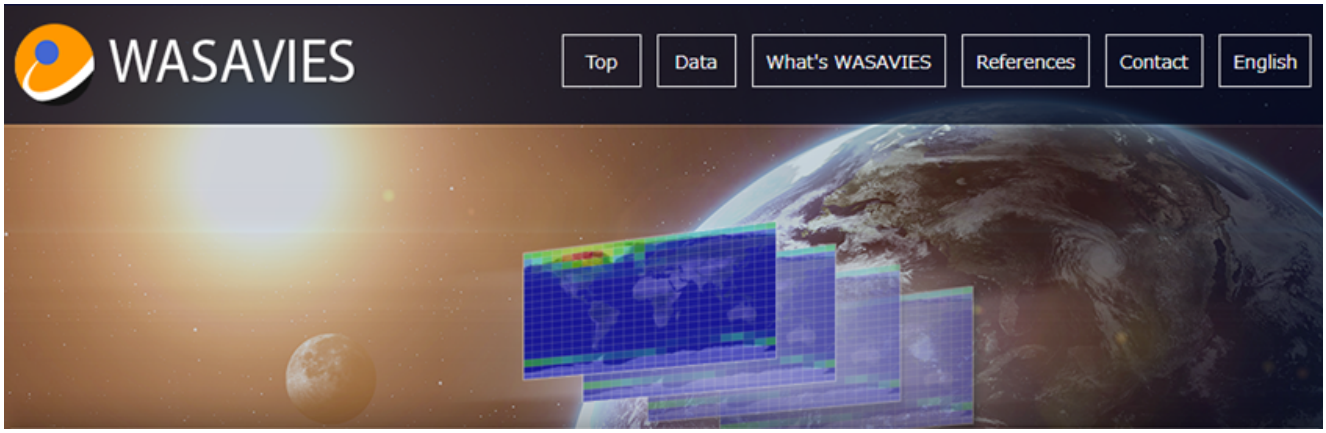
Current Status of WASAVIES: Warning System for Aviation Exposure to Solar Energetic Particles

*佐藤 達彦[1]、片岡 龍峰[2,3]、塩田 大幸[4,5]、久保 勇樹[4]、石井 守[4]、保田 浩志[6]、三宅 晶子[7]、Park InChun[5]、三好 由純[5]
*Tatsuhiko Sato[1], Ryuho Kataoka[2,3], Daikou Shiota[4,5], Yuki Kubo[4], Mamoru Ishii[4], Hiroshi Yasuda[6], Shoko Miyake[7], InChun Park[5], Yoshizumi Miyoshi[5]

1. 原子力機構、2. 極地研、3. 総研大、4. 情報通信研究機構、5. 名古屋大学、6. 広島大学、7. 茨城高専
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. National Institute of Polar Research, 3. SOKENDAI, 4. National Institute of Information and Communications Technology, 5. Nagoya University, 6. Hiroshima University, 7. National Institute of Technology, Ibaraki College

A physics-based warning system of aviation exposure to solar energetic particles, WASAVIES, is improved to be capable of real-time and automatic analysis. In the improved system, the count rates of several neutron monitors (NM) at the ground level, as well as the proton fluxes measured by the GOES satellite are continuously downloaded at intervals of 5 min and used for checking the occurrence of ground level enhancement (GLE). When a GLE event is detected, the system automatically determines the model parameters for characterizing the profiles of each GLE event, and nowcasts and forecasts the radiation dose rates all over the world up to 24 h after the flare onset. A web-interface of WASAVIES (see picture below) was also developed, which broadcasts radiation dose rates due to cosmic-ray exposure for all over the world as well as on 9 selected flight routes at intervals of 5 min and 1 day during GLE and the other periods, respectively. It is planned to be in operation from March 2019 through the public server of NICT.

キーワード：太陽高エネルギー粒子、放射線被ばく、宇宙天気
Keywords: solar energetic particle, radiation exposure, space weather



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽高エネルギー粒子(SEP)の発生に関する統計的研究
Statistical analysis of solar energetic particle events

*木原 孝輔[1]、黄 于蔚[2]、西村 信彦[3]、八代 誠司[4]、新田 就亮[5]、一本 潔[2]、浅井 歩[2]
*Kosuke Kihara[1], Yuwei Huang[2], Nobuhiko Nishimura[3], Seiji Yashiro[4], Nariaki Nitta[5], Kiyoshi Ichimoto[2], Ayumi Asai[2]

1. 京都大学理学研究科宇宙物理学教室、2. 京都大学大学院理学研究科附属天文台、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所 、4. 米国カトリック大学物理学科、5. ロッキード・マーティン太陽天体物理学研究所
1. Department of Astronomy, Kyoto University, 2. Astronomical Observatory, Kyoto University, 3. Institute for Space Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. The Catholic University of America, 5. Lockheed Martin Advanced Technology Center

Solar energetic particles (SEPs), which originate in powerful eruptions in the solar corona, give rise to critical radiation hazards for astronauts and airline passengers, causing damages to satellites, which result in serious societal impacts. The SEP phenomenon encompasses many cross-disciplinary fields, so collaborative research is indispensable. As a part of the Japanese space weather project PSTEP (Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction), a Coordinated Data Analysis Workshop (CDAW) was held at Kyoto University in August 2018. As a first step toward building the capabilities to predict SEP events, we need to better understand what solar eruptions lead to SEP events of varying magnitudes. One approach, as adopted by this CDAW, is to start from energetic coronal mass ejections (CMEs) regardless of SEP occurrences, rather than from the actual SEP events. We first identified 197 CMEs between 2006 and 2017 that were faster than 900 km/s and wider than 60 degrees, as determined using data from SOHO/LASCO.

Our first objective is to characterize the basic properties of SEP events, such as the occurrence, proton flux intensity, and their time variations. We examined proton peak intensity, duration, and onset time with respect to the extrapolated CME onset time, using GOES >10-MeV proton data. STEREO LET and HET data were also analyzed to study the longitudinal distribution of the SEPs. We investigated the correlations of these SEP properties with the source longitude and speed of the CMEs, and soft X-ray intensity of the associated solar flares. We found that the SEP onset time is correlated with the source longitude of the CMEs. There were correlations between other parameters that we found in our statistical analysis, which will also be discussed. Finally, we will present examples of peculiar SEP events that were found as outliers in some scatter plots.

キーワード：太陽高エネルギー粒子、コロナ質量放出、宇宙天気
Keywords: Solar Energetic Particles, Coronal Mass Ejections, Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

名古屋多方向ミューオン計で観測された宇宙線強度の長周期変動
Long-term variation of galactic cosmic ray intensity observed with the Nagoya multidirectional muon detector

*宗像 一起[1]、Rafael Mendonca[2]、加藤 千尋[1]、徳丸 宗利[3]
*Kazuoki Munakata[1], Rafael Mendonca[2], Chihiro Kato[1], Munetoshi Tokumaru[3]

1. 信州大学理学部物理科学科、2. ブラジル宇宙科学研究所、3. 名古屋大学ISEE研究所
1. Department of Physics, Faculty of Science, Shinshu University, 2. INPE, Brazil, 3. ISEE, Nagoya University

我々は、GMDN（Global Muon Detector Network）による観測データにもとづき、地表ミューオン強度に対する気温効果の補正法を開発した（R. R. S. Mendonca et al., Astrophys. J., 830:88, 2016）。本講演では、名古屋多方向ミューオン計による観測データ（1次宇宙線の平均リジディティー～50GV）を補正し、1970－2016に観測された宇宙線強度を中性子計による観測（～10GV）と比較することにより、11年周期及び22年周期変動のエネルギー依存性について報告する。

キーワード：銀河宇宙線強度の長周期変動、銀河宇宙線のエネルギー・スペクトル、太陽変調
Keywords: long-term variation of galactic cosmic ray intensity, energy spectrum of galactic cosmic rays, solar modulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar modulation of galactic cosmic rays during grand minima: A hybrid simulation

*三宅 晶子[1]、松本 倫明[2,3]、片岡 龍峰[4,5]、佐藤 達彦[6]、塩田 大幸[7]、宮原 ひろ子[8]、今田 晋亮[9]、上野 遥[10]
*Shoko Miyake[1], Tomoaki Matsumoto[2,3], Ryuho Kataoka[4,5], Tatsuhiko Sato[6], Daikou Shiota[7], Hiroko Miyahara[8], Shinsuke Imada[9], Haruka Ueno[10]

1. 茨城工業高等専門学校、2. 法政大学、3. プリンストン大学、4. 国立極地研究所、5. 総合研究大学院大学、6. 日本原子力研究開発機構、7. 情報通信研究機構、8. 武蔵野美術大学、9. 名古屋大学、10. 宇宙航空研究開発機構
1. NIT, Ibaraki College, 2. Hosei Univ., 3. Princeton Univ., 4. NIPR, 5. SOKENDAI, 6. JAEA, 7. NICT, 8. Musashino Art Univ., 9. Nagoya Univ., 10. JAXA

In the current and next weak solar cycles, we expect higher flux of galactic cosmic rays than that in the previous solar cycles because of the decreasing trend of the solar activity. It is important to quantitatively evaluate the high flux of galactic cosmic rays because it leads to the increase in the radiation exposure of aircrews and the increasing rates of single event upset events at spacecraft. However, reliable prediction of the increasing galactic cosmic rays in upcoming weak solar cycles is a challenges topic in the field of space weather forecast. We introduce a new project called Grand Minimum 7 (Gm7) for developing a hybrid simulation of galactic cosmic rays in such a weak solar condition, solving the stochastic differential equations of energetic particles in the MHD solar wind resolved by adaptive mesh refinement technique. We also discuss the possible situation of galactic cosmic rays and the radiation dose during the grand minima such as Maunder Minimum.

キーワード：銀河宇宙線、太陽風
Keywords: galactic cosmic ray, solar wind

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Overview of radio propagation project

*Kornyanat Hozumi[1], Hiroyuki Nakata[2], Susumu Saito[3], Takumi Kondo[1], Ryo Nakao[2], Takashi Maruyama[1], Takuya Tsugawa[1], Mamoru Ishii[1]

1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Graduate School of Engineering, Chiba University, Chiba, Japan, 3. National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology, Electronic Navigation Research Institute (ENRI), Tokyo, Japan

Dated back to early 2016, the radio propagation subgroup was started in the A01 group (Space Weather Forecast System) of the PSTEP (Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction). This subgroup has been working on clarifying of space weather (ionosphere is particular) effect on the radio propagation. Day-to-day variation of the bottom side of ionosphere has great influence on availability and integrity of radio waves in high frequency (HF, 3-30 MHz) band. HF is used as a backbone of communication systems for aviation during en-route phase and for amateur radio during disaster relief operation. We, therefore, focused on the HF band. The radio propagation simulator named HF-START (HF Simulator Targeting for All-users' Regional Telecommunications) has been developed. Availability and integrity of HF band are expected to be provided through HF-START interface after receiving users’ input/ request. The HF-START project activity and its future operation plan will be overviewed in this talk.

Keywords: HF-START, Radio Propagation Simulator, Space Weather, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)、座長:坂口 歌織

We share the latest scientific papers to understand how the solar-terrestrial environment changes in various time scales, and to discuss how we will react via international and interdisciplinary collaborations. More specifically, welcomed papers include space climate studies to reconstruct long-term variations from radio isotopes; cutting-edge observational and modeling studies of the ionosphere, geospace, heliosphere and the sun; simulation and statistical studies to predict the future space weather and space climate; applied science such as operational space weather forecast and mitigation of the social impact due to extreme space hazards.

10:45 ~ 11:00

[PEM12-31] Dynamic Spectral Characteristics of Equatorial Plasma Bubbles

★Invited Papers

*横山 竜宏[1]、Charles Rino[2]、Charles Carrano[2] (1.京都大学、2.Boston College)

11:00 ~ 11:15

[PEM12-32] Recent advances in space weather monitoring using the Super Dual Auroral Radar Network

★Invited Papers

*Evan G Thomas[1]、Simon G Shepherd[1] (1.Dartmouth College)

11:15 ~ 11:30

[PEM12-33] **A Study of Solar Flare Effects on Radio Wave Propagation using SuperDARN & riometer**

*Shibaji Chakraborty[1]、Joseph Baker[1]、John Michael Ruohoniemi[1]、Nozomu Nishitani[2] (1.Virginia Tech、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:30 ~ 11:45

[PEM12-34] Exploring the use of cell phone GNSS receivers for global monitoring of the ionosphere

*Dawn Kellogg Merriman[1]、Omar A Nava[1]、Jennifer L Meehan[2]、Hsien-Liang R Tseng[1] (1.AFIT、2.NOAA)

11:45 ~ 12:00

[PEM12-35] 2004年11月7-8日に発生した磁気嵐に伴う午後側から夕方側における全球全電子数の極端な増加について

*惣宇利 卓弥[1]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.情報通信研究機構)

12:00 ~ 12:15

[PEM12-36] Large scale traveling ionospheric disturbances origin and propagation

*Iurii Cherniak[1,2]、Irina Zakharenkova[2,5]、Paul Prikryl[3,4]、William Schreiner[1] (1.COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research、2.University of Warmia and Mazury in Olsztyn、3.Physics Department, University of New Brunswick、4.Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada、5.West Department of IZMIRAN)

Dynamic Spectral Characteristics of Equatorial Plasma Bubbles

*横山 竜宏[1]、Charles Rino[2]、Charles Carrano[2]
*Tatsuhiro Yokoyama[1], Charles L Rino[2], Charles S Carrano[2]

1. 京都大学、2. Boston College
1. Kyoto University, 2. Boston College

Equatorial plasma bubble (EPB) is a well-known phenomenon in the equatorial ionospheric F region. As it causes severe scintillation in the amplitude and phase of radio signals, it is important to understand and forecast the occurrence of EPB from a space weather point of view. In order to simulate the instability in the equatorial ionosphere, a 3D high-resolution bubble (HIRB) model with a grid spacing of as small as 200 m has been developed. It provides a unique opportunity to characterize intermediate-scale EPB structure, which was not well resolved until very recently. Estimation of altitude-dependent power law spectral density function parameters provides an altitude versus time history of the intermediate-scale structure development. Local structure onset is associated with successive bifurcation of rising EPBs. Developed structure characterized by a two-component power law spectral density function ultimately subtends several hundred kilometers in altitude. The EPB simulation data fully support the reported EPB diagnostics from previous in situ measurements. In the near future, HIRB model may be able to directly resolve Fresnel scale of GPS frequency band (300-400m), so that the effects of EPBs on radio wave propagation could be evaluated without any assumption.

キーワード：プラズマバブル、シンチレーション、電離圏
Keywords: plasma bubble, scintillation, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Recent advances in space weather monitoring using the Super Dual Auroral Radar Network

*Evan G Thomas[1], Simon G Shepherd[1]

1. Dartmouth College

Over the last decade, the Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN) has undergone a dramatic expansion in the Northern Hemisphere with the addition of more than a dozen radars offering improved coverage at midlatitudes (50º–60º magnetic latitude) and in the polar cap (80º–90º magnetic latitude). This has led to the development of new empirical models which better describe both the regional and global morphology of ionospheric convection under a range of solar wind and geomagnetic activity conditions. In addition, real-time measurements of ionospheric plasma motion are once again being collected from more than 15 SuperDARN radar sites to produce nowcasts of the global convection pattern. In this presentation we discuss the operational challenges and space weather applications of these real-time SuperDARN products.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Study of Solar Flare Effects on Radio Wave Propagation using SuperDARN & riometer

*Shibaji Chakraborty[1], Joseph Baker[1], John Michael Ruohoniemi[1], Nozomu Nishitani[2]

1. Virginia Tech, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

A prolonged study is underway to improve the understanding of the lower ionospheric (D & lower E layer) response to solar flare and its effects on HF propagation. Over-the-Horizon communication is strongly dependent on the state of the ionosphere, which is fragile to solar X-ray flares. The Super Dual Auroral Radar Network (SuperDARN) is an active HF radio receiver, primarily used to probe ionosphere and upper atmosphere. SuperDARN has one common mode of operation which simulates a ground-to-ground communications link, commonly known as ground scatter. Riometers on the other side are passive HF radio receiver, provides information about HF absorption in the ionosphere by measuring variations in cosmic radio noise. Both instruments' observations get altered due to the well-known effects of Short-Wave Fadeout or SWF. During an SWF the number of SuperDARN ground-scatter echoes drops suddenly (≈1 min) and sharply followed by an apparent increase in Doppler velocity (also known as "Doppler Flash"), often to near zero, reflecting disruption. In addition to that, riometer observe an enhancement in cosmic noise absorption. Since decades, enhanced D and E region electron density are known to be the significant driver of HF radio wave absorption, and we have steadily developed a better understanding of the sources and driving processes of HF absorption. However, the picture is less clear when we talk about the influence of collision frequency in radio wave absorption and Doppler frequency anomaly during SWF. This study aims to propose a relatively newer semi-empirical model to provide insights into the physical significance of collision frequency in HF absorption effect which can be seen in the riometer data. In addition to that, the study also aims to provide physical insights to Doppler frequency anomaly seen in SuperDARN data. Furthermore, this study will help us to advance our understanding of the role of collision frequency in HF absorption and Doppler frequency anomaly, their sources and driving parameters.

Keywords: Solar Flare, Shortwave-Fadeout, HF Absorption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring the use of cell phone GNSS receivers for global monitoring of the ionosphere

*Dawn Kellogg Merriman[1], Omar A Nava[1], Jennifer L Meehan[2], Hsien-Liang R Tseng[1]

1. AFIT, 2. NOAA

Accurate characterization of the ionosphere in response to space weather events has important implications for the effective use of high-frequency (HF) communications in civilian and military operations, including, but not limited to, emergency services, amateur radio, aviation, and over-the-horizon radar. This study investigates the use of cell phone Global Navigation Satellite System (GNSS) technology to monitor and study highly variable phenomena in the ionosphere, such as the aurora at high-latitudes or scintillation at the equator. Field campaigns to high and mid-latitudes will be summarized here, emphasizing the sensitivity of cell phone GNSS receivers to pick up on space weather events such as traveling ionospheric disturbances. Preliminary analysis on the potential to combine data from various cell phone manufacturers (e.g. Hauwei, Samsung, Google, LG and Moto) to enhance data quality will also be presented. Based on this research the potential to collect data from millions of cell phones GNSS technology may allow for real-time monitoring and measuring of the ionosphere to occur on an unprecedented global scale.

Keywords: GNSS, cell phone, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2004年11月7-8日に発生した磁気嵐に伴う午後側から夕方側における全球全電子数の極端な増加について
Large enhancements of global GPS total electron content during a magnetic storm on 7-8 November 2004

*惣宇利 卓弥[1]、大塚 雄一[1]、新堀 淳樹[1]、津川 卓也[2]、西岡 未知[2]
*Sori Takuya[1], Yuichi Otsuka[1], Atsuki Shinbori[1], Takuya Tsugawa[2], Michi Nishioka[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 情報通信研究機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

磁気嵐時に中緯度電離圏で発生するstorm enhanced density (SED) は、午後側において局所的に増加した電子密度の領域が低緯度から高緯度に伸びる現象である。Foster and Rideout [2007]は、SED現象が両半球において磁気共役性を持つことを報告した。今回、2000~ 2012年の磁気嵐イベントの中で日本において最大のTEC増加を示した2004年11月8日に発生した磁気嵐中のSEDの解析結果について報告する。Maruyama [2006]は日本の稠密GPS観測網のデータを用いて2004年11月8日に発生した磁気嵐においてTotal Electron Content (TEC)が増大することを示し、夕方過ぎに高緯度で観測されたTEC増加はSED現象に関連していると指摘した。しかし、これまでの研究の多くは、領域ごとのTECの時間・空間変動に着目し、また、TECの時間・空間分解能が低かったことから磁気嵐の発達・衰退過程におけるTECの全球的でかつ詳細な時間・空間変動特性が未解明のままである。そこで本研究では、情報通信研究機構から提供されている高時間・空間分解能を持つ全球GPS-TECデータを用いて、2004年11月8日に発生した磁気嵐に伴う全球的な電離圏の変動特徴を調べ、そのメカニズムを解明することを目的とする。本研究で用いるGPS-TECデータの空間分解能は、緯度0.5度×経度0.5度であり、時間分解能は5分である。ここでは10日静穏時の平均TECに対する擾乱時と静穏時の差分TECの比 (rTEC) を求め、その水平二次元分布の時間・空間変動を解析した。2004年11月8日に発生した磁気嵐は、SYM-H指数において最小値-400 nTを6:00 UTでとり、その後1日程度かけて回復している。その結果、回復相の11:00 UT において日本にのみrTECの特に大きな増加が見られ、その値はおよそ17 (~90 TECU) であった。この高rTEC構造は西向きに317 m/sの速度で伝播していた。また、東経142度 (稚内) でのTECの地理緯度-時間変動を調べたところ、地理緯度40~50度において特に高いTECが5:00 UTと11:00 UT付近に二度出現しており、これらは時間とともに高緯度側から低緯度側に伝播していたことが明らかになった。さらに、高rTEC領域の西向き伝播速度を求めるため、NOAAで公開されているDMSP衛星イオン・ドリフト・メーターのデータとGPS-TECデータとの比較を行った。日本上空で高rTEC領域が観測された11:00 UT付近に日本上空を通過したDMSP-F15衛星によると、磁気緯度40度において高rTEC構造の伝播速度に近い約250 m/sの西向きイオンドリフト速度が存在した。一方、rTECの全球水平二次元マップから、日本上空で高TEC値が観測された時間にオーストラリアでも同様にrTEC増加領域が観測された。そこで、IGRFモデルを用いてこのrTEC増加領域の南北共役性を調べた結果、日本上空で観測された二つのTECピークは南半球側のrTEC増加領域に対応していた。また、rTEC増加量は南半球よりも北半球において2倍以上大きく、増加領域の緯度幅も広く、空間構造も異なっていた。さらに、rTEC増加は両半球ともに5:00 UT付近において磁気緯度50度から開始し、時間とともに低緯度側に伝播していた。次に、rTECの全球的変動を調べるためにヨーロッパ、日本、アメリカにおけるrTECの磁気緯度-時間プロットを用いて比較を行った。その結果、日本の経度で一つ目のTECピークが観測された5:00 UTに日本の高緯度とアメリカの低緯度において同時に大きなrTEC増加が観測され、それらの値は6を超えていた。また、5:00 UTでのrTECマップから、高rTEC領域がアメリカから日本まで北西方向に広がっていたことが分かった。このrTEC増加の原因の一つにSEDが考えられる。従来、SEDは低緯度におけるTEC増加領域が高緯度側へ拡大し、その後西向きに運ばれることで生成されると考えられている [Tsurutani et al., 2004]。そこで、日本上空で高rTEC領域が317 m/sで西向きに伝播していた結果に基づき、rTEC増加領域がアメリカから日本までこの速度で伝播したと仮定すると、rTEC増加領域がアメリカから

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本まで伝播するには9.5時間必要である。しかし、日本とアメリカのrTEC増加開始時間の差は6時間程度であり、日本でのrTEC増加は、アメリカから伝播してきたものではなく、日本周辺で発生したものと考えられる。二つ目のTECピークについても同様の解析を行い、11:35 UTにrTEC増加領域が日本からヨーロッパまで同時に存在していたことが観測された。以上の事実から、日本の高緯度で観測された一つ目のTECピークに関してTEC増加領域がアメリカと日本の間に存在し、二つ目のTECピークに関してTEC増加領域が日本とヨーロッパの間に存在していたと考えられる。したがって、従来のSED生成メカニズムとは異なるTEC増加メカニズムが存在する可能性があり、それは夜間のTEC増加を引き起こし、100度を超える経度方向の広がりを持つ可能性があると言える。

キーワード：電離圏、磁気嵐、全電子数、磁気共役
Keywords: Ionosphere, Geomagnetic storm, Total electron content, Magnetic conjugacy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large scale traveling ionospheric disturbances origin and propagation

*Iurii Cherniak[1,2], Irina Zakharenkova[2,5], Paul Prikryl[3,4], William Schreiner[1]

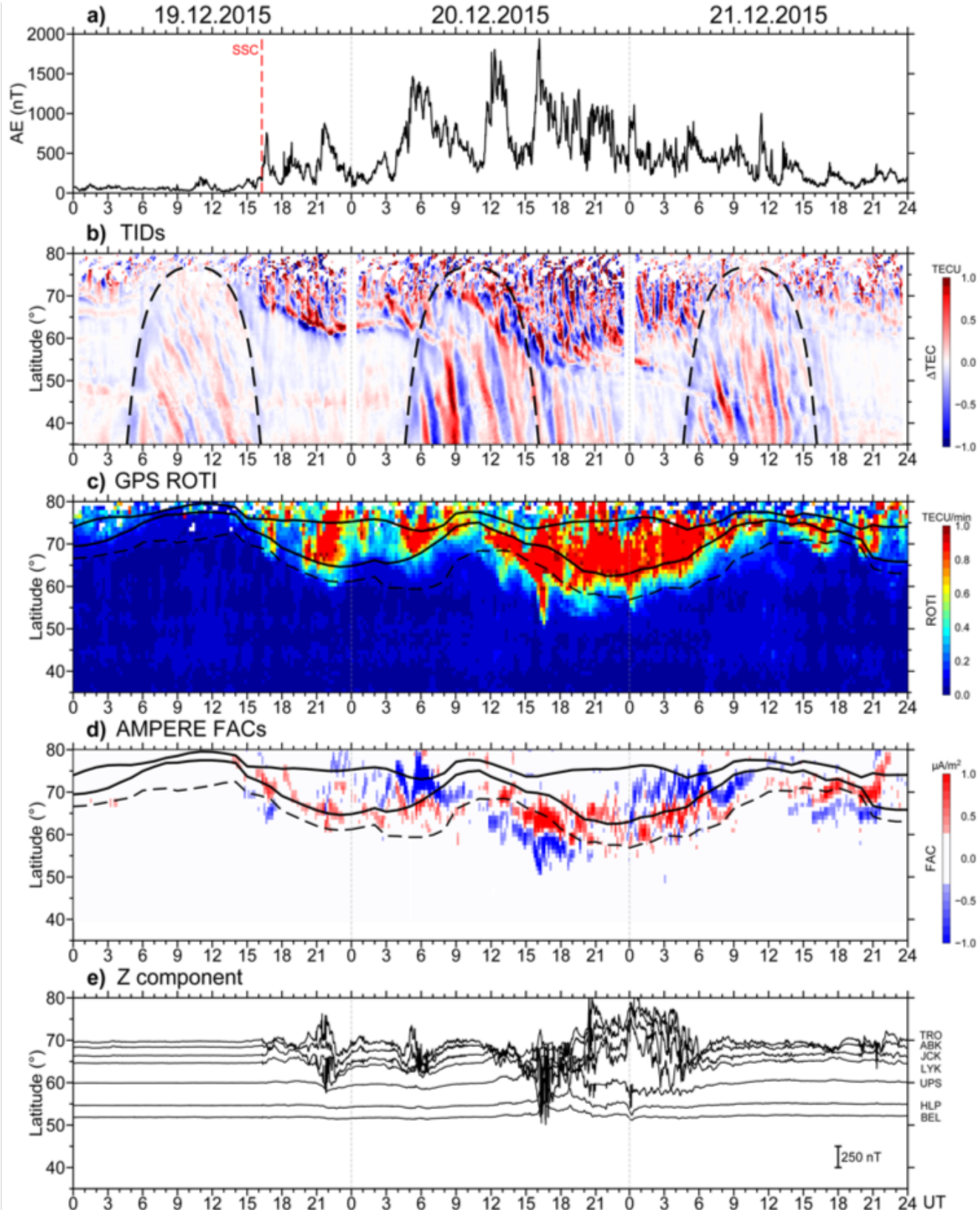
1. COSMIC Program Office, University Corporation for Atmospheric Research, 2. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, 3. Physics Department, University of New Brunswick, 4. Geomagnetic Laboratory, Natural Resources Canada, 5. West Department of IZMIRAN

We investigate an origin, occurrence, and propagation of large-scale traveling ionospheric disturbances (LSTIDs) with an analysis of the total electron content (TEC) perturbation component deduced from the ground-based GPS and GLONASS observations. The high spatio-temporal resolution mapping approach provides a very detailed specification of the ionospheric small- to large-scale disturbances associated with two major sources of the LSTIDs generation: the solar terminator passage during the quiet time and auroral activity caused by auroral particle precipitation and field-aligned currents (FACs) intensification during geomagnetic disturbances. For the first time, the joint analysis of the ionospheric plasma irregularities, FACs, and LSTIDs reveals that a zone with the intense FACs and ionospheric irregularities occurred at the same region that represent the most probable source of LSTIDs excitation. The COSMIC RO electron density profiles confirm the E layer plasma density enhancement within LSTIDs excitation area. Such density enhancement leads to an increase of ionospheric conductivity, intensification of currents in the ionosphere, and release of energy by Joule heating into the lower thermosphere.
This approach was demonstrated for the case of the 19-21 December 2015 geomagnetic storm, when LSTIDs propagated over the European region were detected. During the main phase of the storm, the LSTIDs propagated equatorward from European high latitudes to middle latitudes (35-40N) with the horizontal velocities of ~700-800 m/s. The LSTIDs as deduced from the TEC-disturbed component had a much larger magnitude and propagate much longer distances during the daytime (sunlit part) than in the night. We found that an equatorward expansion of the strong ionospheric irregularities zone and an increase of the FACs magnitude led to a simultaneous intensification of the LSTIDs occurrence at high latitudes. The GPS ROTI (rate of TEC index) technique, a sensitive one for detection of the rapid ionospheric gradients and irregularities, could not recognize any signatures of the TIDs structures.

The research is supported by the NSF CAS AGS-1033112, the NASA LWS grant NNX15AB83G, by the National Science Centre, Poland, through grants 2017/25/B/ST10/00479 and 2017/27/B/ST10/02190, and by RFBR Grant 19-05-00570A.

Keywords: LSTIDs, GNSS, ionosphere, geomagnetic storm, FACs, plasma irregularities

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)

We share the latest scientific papers to understand how the solar-terrestrial environment changes in various time scales, and to discuss how we will react via international and interdisciplinary collaborations. More specifically, welcomed papers include space climate studies to reconstruct long-term variations from radio isotopes; cutting-edge observational and modeling studies of the ionosphere, geospace, heliosphere and the sun; simulation and statistical studies to predict the future space weather and space climate; applied science such as operational space weather forecast and mitigation of the social impact due to extreme space hazards.

[PEM12-P01] Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2] (1.Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics、2.National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory)

[PEM12-P02] Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.関西学院大学、4.米国カトリック大学)

[PEM12-P03] Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories)

[PEM12-P04] Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences)

[PEM12-P05] Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4] (1.防衛大学校、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.国立天文台)

[PEM12-P06] Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ボルダー研究所)

[PEM12-P07] **Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection**

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ハーバード・スミソニアン天体物理学センター)

[PEM12-P08] Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1] (1.関西学院大学)

[PEM12-P09] High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.千葉大学)

[PEM12-P10] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P11] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P12] 1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1]、Kazuoki Munakata[1]、Akira Kadokura[2]、Ryuho Kataoka[2]、Paul Evenson[3] (1.Shinshu University、2.National Institute of Polar Research、3.University of Delaware)

[PEM12-P13] 黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P14] 惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性

*荒木 徹、原田 裕己[1] (1.京都大学)

[PEM12-P15] **Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes**

*野和田 基晴[1] (1.山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心)

[PEM12-P16] A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3] (1.成蹊大学、2.山東大学威海校、3.東海大学)

[PEM12-P17] Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2] (1.情報通信研究機構、2.九州大学)

[PEM12-P18] **Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan**

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5] (1.京都大学大学生存圏研究所、2.情報通信研究機構、3.吉備国際大学、4.徳山工業高等専門学校、5.名古屋大学、6.京都大学大学院工学研究科)

[PEM12-P19] Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3] (1.情報通信研究機構、2.九州大学、3.成蹊大学)

[PEM12-P20] Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2] (1.成蹊大学 理工学部、2.九州大学 理学研究院)

[PEM12-P21] Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4] (1.吉備国際大学、2.名古屋大学、3.電気通信大学、4.チェコ大気物理研究所)

[PEM12-P22] Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1] (1.国立極地研究所)

[PEM12-P23] Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.情報研究通信機構、3.電子航法研究所)

[PEM12-P24] なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？

*久保 勇樹[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P25] An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2] (1.大阪府立大学、2.情報通信研究機構)

[PEM12-P26] A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4] (1.電気通信大学、2.千葉大学、3.吉備国際大学、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2]

1. Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics, 2. National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory

Solar flare forecasting is limited to active region classification and historical correlation, due largely to our lack of understanding of magnetic reconnection as a driving mechanism for solar flares and coronal mass ejections. Photospheric observations indicate magnetic field changes during solar flares, brought about during magnetic reconnection and related to magnetic field helicity on the solar surface. While the neutral point of the reconnection event associated with a flare usually occurs in the solar corona, some signs of the magnetic field changes should manifest as low as the photosphere. This study utilizes data from SDO HMI and Space-Weather HMI Active Regions Patches (SHARPS) to analyze full vector field component data in the photospheric magnetic field during several magnetic reconnection events during the space weather events of 4-10 September 2017.

Keywords: solar atmosphere, sunspots, magnetogram, solar flares

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2]
*Yusuke Kawabata[1,2], Yusuke Iida[3], Takafumi Doi, Sachiko Akiyama[4], Seiji Yashiro[4], Toshifumi Shimizu[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 関西学院大学、4. 米国カトリック大学
1. Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, 3. Kwansei Gakuin University, 4. The Catholic University of America

We will report statistical dependences among features of coronal mass ejections (CMEs), solar flares, and sigmoidal structures in soft-X-ray images (Kawabata et al. 2018). We applied analysis methods to all the features in the same way in order to investigate the reproducibility of the correlations among them, which may be found from previous statistical studies. Samples of 211 M-class and X-class flares, observed between 2006 and 2015 by the Hinode/X-ray telescope, Solar and Heliospheric Observatory/Large Angle and Spectrometric Coronagraph, and Geostationary Operational Environmental Satellite, were examined statistically. Five kinds of analysis were performed: Occurrence rate analysis, linear-correlation analysis, association analysis, the Kolmogorov–Smirnov test, and the Anderson–Darling test. These give three main results. First, the sigmoidal structure and long-duration events (LDEs) have a stronger dependence on CME occurrence than large X-ray-class events in on-disk events. Second, for the limb events, a significant dependence exists between LDEs and CME occurrence, and between X-ray-class events and CME occurrence. Third, 32.4% of on-disk flare events have sigmoidal structure and are not accompanied by CMEs. However, the occurrence probability of CMEs without sigmoidal structure is very small, 8.8%, in on-disk events. While the first and second results are consistent with previous studies, we provide for the first time a difference between the on-disk and limb events. The third result, that non-sigmoidal regions produce fewer eruptive events, is also different from previous results. We suggest that sigmoidal structures in soft X-ray images will be a helpful feature for CME prediction in on-disk flare events.

キーワード：太陽、太陽フレア、コロナ質量放出、シグモイド
Keywords: Sun, Solar flares, Coronal mass ejections, Sigmoid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1], Ya-Hui Yang[1], Baolin Tan[2], Chengming Tan[2], Y.H. Yan[2]

1. Graduate Institute of Space Science National Central University, 2. Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories

Quasi-periodic pulsation (QPP) is thought to be the nature of solar flares, which can be observed during and before flares in various wavelengths, such as the radio, microwave, SXR, and EUV. In this study, we analyze a pre-flare QPP event on 2012 October 15 and its association with the following C2.2 flare based on the radio data in the ranges of 2.81-2.85 GHz and 2.91-2.95 GHz from Solar Broadband Radio Spectrometer (SBRS), EUV images from AIA multi-wavelength observations, and wavelet analysis. Our result show that the main period of the radio QPP is ~800 s which is similar to the period of ~13.5 min obtained in SXR by Tan et al. (2016). Moreover, we analyze several localized areas in the flare-eruptive AR 11593 to search for the possible regions responsible for the occurrence of pre-flare QPP. We find that the footpoints of brightening loops in 211 Åshow the quasi-periodic behavior of ~850 s. It is thus suggested that the pre-flare QPP with a period of 13-15 min can be manifested in both of the thermal (SXR, EUV) and nonthermal (radio) radiation processes. The relationship between the pre-flare QPP and the subsequent C2.2 flare will also be discussed.

Keywords: sun, solar flares, solar oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1], Ya-Hui Yang[1], Baolin Tan[2], Chengming Tan[2], Y.H. Yan[2]

1. Graduate Institute of Space Science National Central University, 2. Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences

Type III solar radio bursts are characterized as the fast-drifting radio emissions in a dynamic spectrogram, which is believed to be produced by the propagating electron beams and often accompanied with the solar flares or magnetic reconnection. Studying the type III radio bursts in high-frequency range before flares would be important for understanding the trigger of energy release although it is rarely reported previously. Here we present two pre-flare type III burst events found in the range of 2.6-3.8 GHz at Solar Broadband Radio Spectrometer (SBRS). By comparing with the SDO/AIA multi-wavelength observations in flare active regions, the pre-flare type III radio bursts have good temporal correlations with the increases of EUV emissions. Furthermore, we find that one event is related to the EUV brightening with 1-min delay, implying the existence of plasma heating before energy release. The other event has a simultaneous EUV jet with a speed of ~700 km/s indicating the occurrence of magnetic reconnection. We suppose both pre-flare events are associated with small-scale energy release via magnetic reconnection.

Keywords: sun, solar flares, solar radio bursts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4]
*Shohei Nishimoto[1], kyoko Watanabe[1], Shinsuke Imada[2], Tomoko Kawate[3], Kyoung-Sun Lee[4]

1. 防衛大学校、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 国立天文台
1. National Defense Academy, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Institute Of Space And Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. National Astronomical Observatory of Japan

Impulsive energy release phenomena such as solar flares, sometimes affect to the solar-terrestrial environment. Usually, we use soft X-ray flux (GOES class) as the index of flare scale. However, the magnitude of effect to the solar-terrestrial environment is not proportional to this scale. Therefore, it is considered that the GOES class is not optimal parameter for predicting the Sudden Ionospheric Disturbance (SID). To identify the relationship between solar flare phenomena and influence to the solar-terrestrial environment, we need to understand the full spectra of solar flares in detail.
There is the solar flare irradiance model named the Flare Irradiance Spectral Model (FISM) (Chamberlin et al., 2006, 2007, 2008). FISM is the most used model, and can estimate solar flare spectra with high wavelength and temporal resolution. However, this model can not express the time evolution of emitted plasma during the solar flare, and has low accuracy on short wavelength that might strongly affect to the total flare spectra. Therefore, individual SID phenomenon can not be reproduced.
In this work, in order to solve the problems of FISM, we performed statistical analysis on observational data during the solar flares. From This study, we tried to find the parameters that control the solar flare emission spectra. We selected solar flare events larger than M-class from the Hinode flare catalogue (Watanabe et al., 2012). First, we focused on the EUV emission observed by the SDO/EVE. We examined the intensities and time evolutions of five EUV lines (Fe XX, Fe XVIII, Fe XVI, Fe VIII, and He II) for 54 flare events. As a result, we found positive correlation between the “GOES class” and the “EUV peak flux” for all Fe lines. Moreover, we found that hotter lines peaked earlier than cooler lines. On the other hand, He II line data have poor correlation with GOES X-ray data. Furthermore, we considered that the geometrical features of solar flares effect to those time evolutions. We measured flare ribbon length for 33 flare events observed by SDO/AIA, and found positive correlation between the “flare duration” and the “ribbon length”. From the statistical research of these observational data, we found that the time evolution of EUV emission can be explained by the X-ray emission.
Then, we tried to identify parameters that determine the solar flare spectra by comparing the flare emissions derived from physical based numerical model of solar flare with the actual observational data. Consequently, we used numerical simulation same as Imada et al.(2015). This numerical model can reproduce the movement and ionization of the plasma in the flare loop.
In this presentation, we will show some results of numerical simulation, and discuss the parameters for total solar flare emission spectra by comparing of simulation results, observational data and FISM.

キーワード：宇宙天気、太陽フレア
Keywords: Space Weather, Solar Flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2]
*Kento Nakatani[1], Kanya Kusano[1], Sung-Hong Park[1], Leka KD[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. ボルダー研究所
1. Institute for space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. North West Reserch Associates

The prediction of solar flares is an important issue for space weather forecasting. Although solar flares are believed to be caused by the magnetohydrodynamic (MHD) instability in solar active regions, the method for accurately evaluating the stability of solar magnetic field is not yet established. Recently, Ishiguro & Kusano (2017) proposed that a new instability called the Double Arc Instability (DAI) plays a role of initial driver of solar flares and the critical parameter for this instability can be used to evaluate the stability of active regions. The parameter can be derived by the integration of the magnetic twist as the function of magnetic flux. One way for it is given by the nonlinear force-free field (NLFFF) extrapolation using the photospheric vector magnetic field data. However, the NLFFF extrapolation demands heavy computation and it sometimes cannot well work as a model of solar coronal magnetic field because the force-free condition is limited on the photosphere. Therefore, in order to improve the efficiency and applicability of the flare prediction using , it may be required to develop a method to approximately but much quickly capture the overall features of magnetic field in solar active regions, especially in the flare triggering region. From this point of view, we try to develop a method to extract the characteristic feature of magnetic field in solar active regions using the linear force-free field (LFFF) model. For this objective, we compare the several methods to accurately capture the structure of using LFFF. In this study, we report the result of the analysis for the solar active region NOAA 11429.

キーワード：宇宙天気、太陽、ツイスト、フォースフリー、光球面、活動領域
Keywords: Space weather, solar , twist, force-free, photosphere, active region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2]
*Satoshi Inoue[1], Antonia Savcheva[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. ハーバード・スミソニアン天体物理学センター
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

We performed a magnetohydrodynamic (MHD) simulation of a solar eruption launched from solar active region 11012 on February 13, 2009. We in particular concentrated on the evolution of the magnetic flux rope (MFR) leading a coronal mass ejection. We first extrapolated the pre-eruptive magnetic flux ropes using a flux insertion method, in which the MFRs can be extrapolated from the normal component of the magnetic field (Bz) observed by SOHO/MDI and Extreme-Ultra Violet (EUV) images observed by the STEREO satellite. The extrapolated magnetic field reproduced the sigmoidal magnetic structure observed in EUV image well. Next we performed the MHD simulation using the extrapolated magnetic field.

The resulting simulation showed the dramatic eruption of the magnetic flux rope under which the current sheet and the post-flare loops are formed. This is well explained by the standard CSHKP flare model. The evolution of the MFR did not show simple dynamics, rather it showed very complicated dynamics through a magnetic reconnection. We found, during the eruption, that the coherent MFR is created through the reconnection of multiple pre-existing MFRs. Magnetic reconnection plays a role in producing the coherent, erupting MFR and supplying further twist into it. Furthermore we found that the footpoints of the erupting MFR moves along or away from the polarity inversion line, as seen in two-ribbon flares. The locations of both the footpoints of the MFR correspond to those of dimming regions observed in EUV images. Since the location and shape of the post-flare loops obtained from the simulation is reproduced in the observations, we can confirm the reliability of our simulation.

キーワード：太陽フレア、太陽磁場噴出、電磁流体力学
Keywords: Solar Flare, Solar Eruption, Magnetohydrodynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1]
*Yusuke Iida[1]

1. 関西学院大学
1. Kwansei Gakuin University

We investigate the correlation of meridional flow and rotation velocity in the solar interior by tracking huge number of the surface magnetic elements.

As reported in JpGU2017 meeting, we found that the meridional flow velocity from the magnetic elements' tracking depends positively on their flux and size. We discussed that it may come from that the larger magnetic elements are rooted in the deeper solar interior. We further investigate this issue by correlating the meridional flow velocity and rotation velocity.

We use line-of-sight magnetograms obtained by SDO/HMI in July 2016. Time cadence is 45 seconds, in which the travel distance of magnetic element is smaller than 1 pixel. The magnetograms are transposed from the Earth-view coordinate to the Stonyhurst coordinate. We use the data within 75 degree from the disk center. Magnetic field strength is converted with an assumption that magnetic field is vertical to the surface and interpolated with a cubic spline interpolation.

We detected approximately 8,000 elements in each magnetogram and 4.5x108 displacements in our data set. The meridional flow and rotation velocity on magnetic flux are investigated. The rotation velocity shows negative dependence on the flux at the latitude within 45 degree while it shows weekly positive dependence at the latitude higher than 45 degree. This result is consistent with the depth dependence of rotation velocity obtained by previous helioseismology researches.

キーワード：太陽、ビッグデータ、乱流
Keywords: Sun, Bigdata, Turbulence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3]
*Hiroko Miyahara[1], Fuyuki Tokanai[2], Toru Moriya[2], Hideyuki Hotta[3]

1. 武蔵野美術大学、2. 山形大学、3. 千葉大学
1. Musashino Art University, 2. Yamagata University, 3. Chiba University

It is well known that the Sun indicates long-term variations at time scales of a few hundred years to a few millennia. It sometimes brings the grand minima, at which period the sunspots disappear for more than several decades. The detailed process of such long-lasting disappearance of sunspots, however, remains unclear. We therefore have been trying to reconstruct solar cycles around the onset of grand minima based on high-precision measurement of carbon-14 in tree rings. In this paper, we report on our preliminary result on the measurement of carbon-14 around the onset of the Maunder Minimum.

キーワード：太陽活動周期、太陽活動極小期、宇宙線生成核種
Keywords: solar cycle, grand minima, cosmogenic nuclide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2], Hiroko Miyahara[2], Kazuho Horiuchi[3], Hiroyuki Matsuzaki[4], Hailong Sun[5], Weijun Luo[5], Xiangmin Zheng[1], Yusuke Suganuma[6,7], Shijie Wang[5], Limin Zhou[1]

1. East China Normal University, 2. Musashino Art University, 3. Hirosaki University, 4. University of Tokyo, 5. Chinese Academy of Sciences, 6. National Institute of Polar Research, 7. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

In this study, we explore the possibility of using travertine sediment for reconstructing the past solar activity. We obtained an annual ^{10}Be record from travertine deposit from the modern period and compared with the neutron monitor data. We discuss a possible methodology to calibrate the climatological impact on ^{10}Be deposition and to obtain the signal of past solar and cosmic-ray variations.

Keywords: Beryllium-10, cosmogenic nuclide, solar activity, endogenic travertine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2], Hiroko Miyahara[2], Kazuho Horiuchi[3], Hiroyuki Matsuzaki[4], Hailong Sun[5], Weijun Luo[5], Xiangmin Zheng[1], Yusuke Suganuma[6,7], Shijie Wang[5], Limin Zhou[1]

1. East China Normal University, 2. Musashino Art University, 3. Hirosaki University, 4. University of Tokyo, 5. Chinese Academy of Sciences, 6. National Institute of Polar Research, 7. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

We have been examining the potential of ^{10}Be in travertine sediment as a tool to reconstruct past solar and cosmic-ray variations. In this paper, we compare the ^{10}Be profile in the travertine layers from the rainy and dry seasons, and discuss the nature of ^{10}Be deposition at the two seasons.

Keywords: Beryllium-10, cosmogenic nuclide, solar activity, endogenic travertine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1], Kazuoki Munakata[1], Akira Kadokura[2], Ryuho Kataoka[2], Paul Evenson[3]

1. Shinshu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. University of Delaware

CR observation has been carried out for 1 year at Syowa Station in the Antarctic. There was no serious unavailability of data during the whole year. It is now concluded that this station can contribute to a space weather study as one of the CR monitoring station of Global Muon Detector Network (GMDN). We report observed data and its stability as GMDN.

Keywords: Cosmic Rays, Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表
Space weather forecast archives at NICT: handwritten solar activity charts

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1]
*Kaori Sakaguchi[1], Daikou Shiota[1], Kaori Fukunaga[1], Katsuhide Marubashi[1], Hiromitsu Ishibashi[1], Yuki Kubo[1], Mamoru Ishii[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

本発表では, 元郵政省 電波研究所 平磯支所 超高層研究室（現在の国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波研究所 宇宙環境研究室）で, 今から約40年前の1978年から1998年まで電波警報業務の遂行のために作成されていた手書きの「現象記録表（solar activity chart）」について紹介する. 現象記録表には, 太陽表面における黒点や爆発現象の発生と推移・日本の地磁気・宇宙線および短波伝搬などへの影響が, 当時の記録者のコメントやスケッチと共に記録さている. 期間は太陽活動サイクル21から22の約20年間に該当する. バーテルス太陽回転周期番号ごとに太陽から地上までのデータが１枚のチャート紙に図示され,太陽面現象と磁気圏・電離圏擾乱の因果関係や回帰性を把握する資料として利用されていた. 記録表に示されている内容は, 主に平磯での独自の観測データとテレックス端末でURSIgramコードとして入電した国内外からデータである. 各観拠点からは多くても1日に1回のみの入電ではあったが, これはインターネットの普及していなかった当時の最速のリアルタイムデータの蓄積と考えられる. 現在, 我々は現象記録表とそこに示されているデータのデジタル化を行なっている. 現象記録表に示されているデータを元に, 当時どの程度のリアルタイム性のあるどのようなデータを元に電波警報を発令していたかを分析した結果と共に, 当時の太陽フレア・地磁気擾乱予報について検証した結果についても紹介する.

キーワード：宇宙天気アーカイブ、ウルシグラム
Keywords: Space Weather Archive, URSIgram

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性
IMF dependence on solar wind parameters

*荒木 徹、原田 裕己[1]
*Tohru Araki, Yuki Harada[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

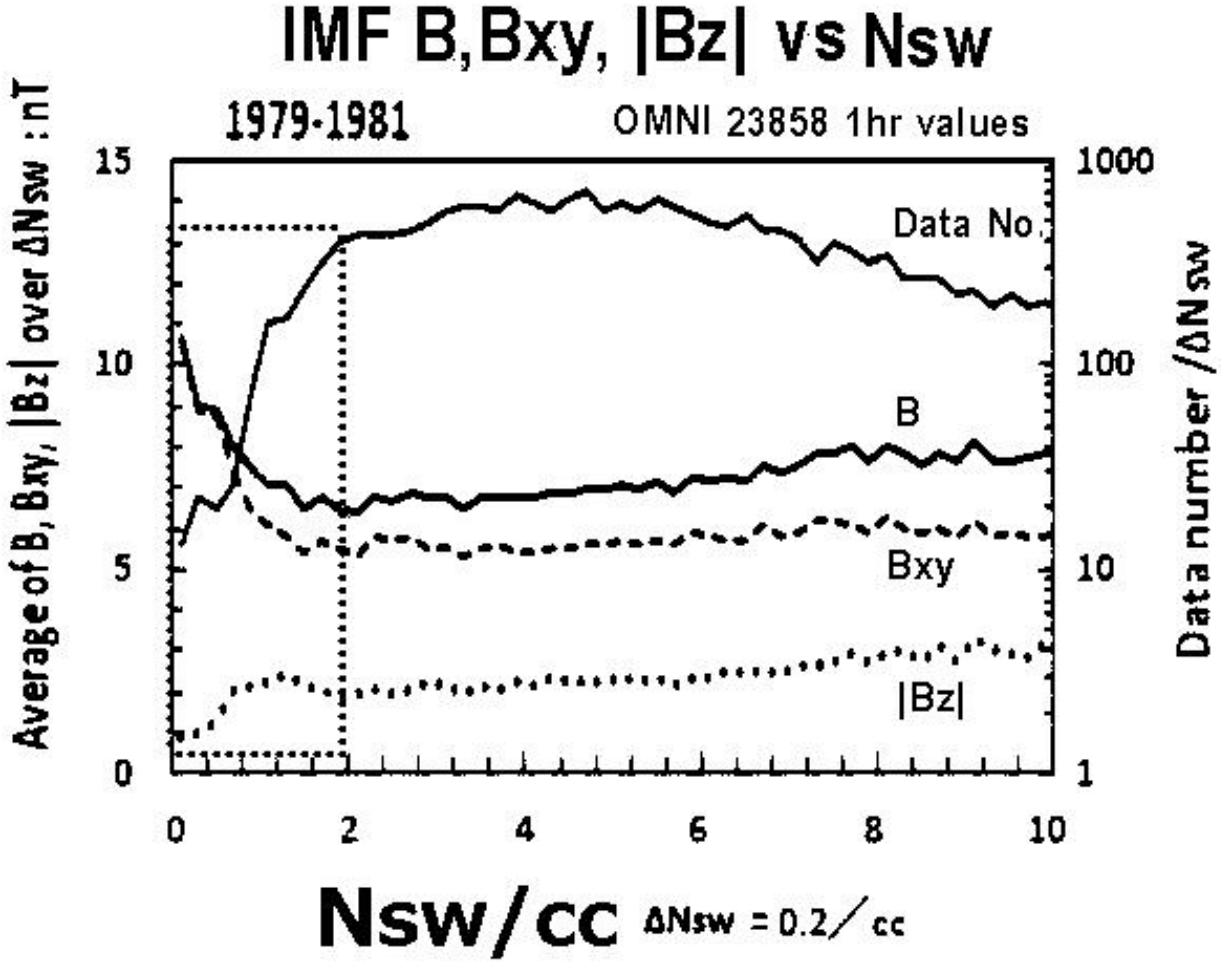
IMFの太陽風プラズマ依存性を，OMNI 1 時間値を用いて調べた．

下図は，IMFの絶対値（B），黄道面内成分（Bxy），垂直成分（Bz）の太陽風数密度（Nsw）に対するプロットである．３量は，Nswの0.2/cc毎の小区間の平均値であり，各区間のデータ数も示されている．

３量は，(1) Nswの減少と共に緩やかに減少するが，(2) 更にNswが減ると，B，Bxyは増加に転じて同じ値（ここでは約10nT）に収斂し，Bzは零に近づいていく．(2)の性質は，Nswが小さくなるとIMFがスパイラル構造に近づくことを意味している．下図は，SSNの極大期にあたる1979-1981年の3年間の解析結果であるが，他の２期間，1999-2001年（SSN極大期）と2007-2009年（SSN極小期）についても，同様の解析を行った．また，火星を周回するMavenが観測したIMFについても調べた．結果は，上の記述と矛盾しない．IMFの太陽風速度依存性も調査した．

キーワード：惑星間空間磁場、太陽風密度、太陽風速度
Keywords: IMF, solar wind density, solar wind melocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes

*野和田 基晴[1]
*Nowada Motoharu[1]

1. 山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心
1. Shandong University at Weihai

Geomagnetic activity is dominantly impacted by the orientation of the Interplanetary Magnetic Field (IMF). However, when trying to address why the variations of geomagnetic activity are “semi-annual”, and are greater at equinoxes than at solstices, only IMF control of geomagnetic activity is not enough. This is because these variations are strongly dependent on the Earth’ s dipole tilt; the dipole tilt is smaller at the equinoxes than at the solstices. Primitive studies assumed that magnetic reconnection occurs only at the subsolar point of dayside magnetopause. In their studies, the dipole tilt effect was not considered, but only the magnetic field direction between the IMF and the magnetosphere at the subsolar point was discussed in their studies. After them, geomagnetic variations where both dipole tilt effect and IMF direction are taken into account have been investigated. Based on a large database of IMF and AL/AU, we examined the relationship between the IMF clock angle and AL/AU at various dipole tilts. For both positive and negative dipole tilts, geomagnetic activity decrease as the clock angle moves away from 180°. The AL/AU indices also tend to become smaller for larger dipole tilts. This dipole tilt dependence enhances the semi-annual variation of high-latitude geomagnetic activity.
It also remains unclear how degree energy input rate from solar wind to ring current (dD_{st}^{*}/dt) depends on dipole tilt under various interplanetary magnetic field (IMF) orientation and whether or not ring current development also follows this dipole tilt dependence. We tried to statistically investigate the dependence of dipole tilt and IMF clock angles on low- and middle-latitude geomagnetic activity (D_{st}^{*}), which is a proxy of ring current development, and solar wind energy input rate to ring current (dD_{st}^{*}/dt) over one solar cycle (1978 - 1988). D_{st}^{*} was calculated with the solar wind dynamic pressure and original D_{st} index, and the dipole tilt angle was defined as function of the day of year and universal time. The (dD_{st}^{*}/dt) values were obtained based on the solar wind electric field under the southward IMF conditions. Under positive and negative dipole tilts, the (dD_{st}^{*}/dt) values under low dipole tilt are negatively larger than those in case of high dipole tilt. Further peaks at 180° of the IMF clock angle are seen in most of the dipole tilt cases. However, the D_{st}^{*} index shows neither a peak at 180° of the IMF clock angle nor particular dipole tilt dependence in case of negative dipole tilt angles. This result suggests that low- and middle latitude geomagnetic activity (ring current development) does not necessarily show dipole tilt dependence and a one-to-one correlation with solar wind energy input rate to ring current (dD_{st}^{*}/dt).

キーワード：地磁気活動度 (Dst*)、環電流への太陽風エネルギーの流入率 (dDst*/dt)、(地磁気活動度の)半期変動、磁気軸傾斜効果、惑星間空間磁場とそのクロック角、磁気リコネクション
Keywords: Geomagnetic activity (Dst*), Solar wind energy input rate to ring current (dDst*/dt), Semiannual variation , Dipole tilt effect, Interplanetary magnetic field and clock angel, Magnetic reconnection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3]
*Ryozo Kitajima[1], Motoharu Nowada[2], Ryotaro Kamimura[3]

1. 成蹊大学、2. 山東大学威海校、3. 東海大学
1. Seikei University, 2. Shandong University at Weihai, 3. Tokai University

Nowadays, it becomes so important in saving our economic activity, and preventing the disasters caused by terrestrial electromagnetic effects to predict a scale and the duration of the geomagnetic disturbances based on in-situ solar wind observations. Recently, one of the notable techniques for the predictions of the magnetospheric disturbances is Neural Network (NN). However, most of these studies are focused on the reproduction of the behaviors of the index values, which represent the geomagnetic disturbances (e.g, D_{st} and AE), by inputting the solar wind parameters measured by the satellites. In our study, we apply a novel neural network model of ‘Potential Learning (PL)’.
Basically, Neural Networks (NNs) are models which imitate the information processing in the nervous system of brain. The nerve is made of cells as referred to as “neurons”, which specializes the information processing. NNs consist of “artificial” neurons, and can process information by learning. Therefore, using NNs, we can obtain some characteristics of the data inputted. The PL is a new kind of the NNs. A feature of the PL is to make a network that can understand the input variables based on learning by “input potentialities”, which are indices as calculated with the variances derived from the input variables. If using this PL, we can specify what input variable(s) is (are) potentially important and influential for a phenomenon.
In this study, introducing the PL technique, we try to specify which solar wind parameter plays an essential role in causing the geomagnetic disturbances. Although the conventional PL, where we used, had automatically selected the variables of interest, we develop a “improved” PL in this study so that the variables can manually be selected. We benchmark this new algorithm using the 4 polar magnetic storm cases occurred under the southward Interplanetary Magnetic Field (IMF)-B_z conditions, and advisedly set the maximum potentiality for the IMF-B_z, so that the IMF-B_z component is the most possible solar wind parameter to cause the geomagnetic disturbances. We note “second” solar wind parameter(s) to possibly cause the magnetospheric disturbances, following the IMF-B_z component. After testing our new technique to actual storm events, we might distinguish the magnetospheric disturbances into two different types, that is, the geomagnetic disturbances driven by “IMF-dominant” and “combination of IMF with solar wind plasma (dynamic pressure)”. The advantages to adopt this new algorithm to space weather, and more detailed results will be discussed in this presentation.

キーワード：Predictions of Geomagnetic Activity、Neural Network Considered Potential Learning、Development of Space Weather
Keywords: Predictions of Geomagnetic Activity, Neural Network Considered Potential Learning, Development of Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2]
*Yasubumi Kubota[1], Aoi Nakamizo[1], Kaori Sakaguchi[1], Mitsue Den[1], Yuki Kubo[1], Tsutomu Nagatsuma[1], Takashi Tanaka[1,2]

1. 情報通信研究機構、2. 九州大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Kyushu University

Surface charging of artificial satellite is one of risks caused by dynamical variations of space environment. It occurs when a satellite exposes high energy electrons around 10 keV created by plasma injection accompanied with substorm. Therefore we want to predict timing and electron energy of plasma injection using magnetosphere-ionosphere coupling global MHD simulation. Now we are developing a real-time numerical simulator for space weather forecast using magnetosphere-ionosphere coupling global MHD simulation called REPPU (REProduce Plasma Universe) code. The feature of the simulation code is highly robust to extreme solar wind parameters because the unstructured grid system has no singular point and is able to calculate in the uniform accuracy over the whole region. We use the real-time solar wind data formatted in the GSM coordinate system observed by DSCOVR spacecraft. Magnetic-dipole axis is fixed to z-direction in our simulation. Therefore daily variation of magnetic-dipole axis is not reproduced. Instead, we convert the input direction of the solar wind velocity and magnetic field into that which tilts including daily variation of magnetic dipole axis in x-z plane. In the method the solar wind structure is not exact. However we can relatively reproduce the magnetosphere response including daily variation of the magnetic-dipole axis against solar wind. The resolution is 7682 grids in the horizontal direction and 240 grids in the radial direction.
In this presentation, we compare the simulation results with the CPCP, AE index, and plasma variations observed by geostationary orbit satellites. Density and temperature of plasma injection derived from MHD simulation tends to estimate larger and smaller values than observation respectively because the MHD simulation does not include kinetic heating effects. We have to interpret MHD simulation results for prediction of electron density and temperature. We will discuss how to interpret electron density and temperature between observation and MHD simulation.

キーワード：グローバル磁気圏シミュレーション、表面帯電
Keywords: global MHD simulation, surface charging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5]
*Nishida Yuichiro[1,6], Yusuke Ebihara[1], Satoko Nakamura[1], Shinichi Watari[2], Kumiko Hashimoto[3], Kentaro Kitamura[4], Takashi Kikuchi[5]

1. 京都大学大学生存圏研究所、2. 情報通信研究機構、3. 吉備国際大学、4. 徳山工業高等専門学校、5. 名古屋大学、6. 京都大学大学院工学研究科
1. Kyoto University Reserch Institute for Sustainable Humanosphere, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Kibi International University, 4. National Insutitute of Technology, Tokuyama College, 5. Nagoya University, 6. Kyoto University Department of Electrical Engineering

The energy released from the sun can enhance electric currents in Earth’ s magnetosphere, which induces an electric field on the ground surface. This electric field, called a geomagnetically induced electric field (GIE), gives rise to geomagnetically induced current (GIC) flowing in a transmission line. Japan is situated at geomagnetically low latitudes, but the potential risk is probably non-zero because a large-amplitude of GIC, as high as 129 A, was recorded in the Japanese power grid during the Halloween storm in October 2003. To evaluate the potential risk of the Japanese power grid properly, we modeled the Japanese power grid with high voltage class over 187 kV on the basis of publicly available data. The model consists of 602 nodes and 763 paths. The uniform GIE imposed on Japan was estimated on the basis of the geoelectric field observed in April 2018 at Kakioka Magnetic Observatory. We applied the uniform GIE on the model. The calculated GIC is roughly in agreement with that measured at 4 substations in Japan. For the westmost substation, a disagreement was found when we considered only the highest class of the power grid (500 kV), which may imply that the lower voltage class of the grid (<500 kV) may have some contribution to the GIC in Japan. We discuss the general tendency of the GIC flowing in the Japanese power grid, and prediction capability of the currently available model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan

Yuichiro Nishida
Yusuke Ebihara
Satoko Nakamura
Shin-Ichi Watari
Kumiko Hashimoto
Kentaro Kitamura
Takashi Kikuchi

Abstract

The energy released from the sun can enhance electric currents in Earth's magnetosphere, which induces an electric field on the ground surface. This electric field, called a geomagnetically induced electric field (GIE), gives rise to geomagnetically induced current (GIC) flowing in a transmission line. Japan is situated at geomagnetically low latitudes, but the potential risk is probably non-zero because a large-amplitude of GIC, as high as 129 A, was recorded in the Japanese power grid during the Halloween storm in October 2003. To evaluate the potential risk of the Japanese power grid properly, we modeled the Japanese power grid with high voltage class over 187 kV on the basis of publicly available data. The model consists of 602 nodes and 763 paths. The uniform GIE imposed on Japan was estimated on the basis of the geoelectric field observed in April 2018 at Kakioka Magnetic Observatory. We applied the uniform GIE on the model. The calculated GIC is roughly in agreement with that measured at 4 substations in Japan. For the westmost substation, a disagreement was found when we considered only the highest class of the power grid (500 kV), which may imply that the lower voltage class of the grid (<500 kV) may have some contribution to the GIC in Japan. We discuss the general tendency of the GIC flowing in the Japanese power grid, and prediction capability of the currently available model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3]
*Hidekatsu Jin[1], Yasunobu Miyoshi[2], Chihiro Tao[1], Hiroyuki Shinagawa[1], Hitoshi Fujiwara[3]

1. 情報通信研究機構、2. 九州大学、3. 成蹊大学
1. National Institude of Information and Communications Technology, 2. Kyushu University, 3. Seikei University

Temporal and spatial variations in the ionospheric electron density and thermospheric mass density could have significant impacts on radio communications between ground and space, and particle and atmospheric drag environments around satellites. Origins of such upper atmospheric variations are not only in the solar atmosphere through the emissions of solar radiation, high-speed plasma gas and high-energy particles, but also in the Earth’s lower atmosphere, where meteorological phenomena could give rise to atmospheric waves propagating upward. In order to nowcast and forecast the upper atmospheric variations and disturbances, a whole atmospheric model, GAIA, has been developed, which combines a whole atmospheric GCM, an ionospheric model and an electrodynamics model in a self-consistent manner.

So far, for the purpose of its validation, we have compared climatological features of thermosphere and ionosphere reproduced by GAIA with those from ionospheric observation and observation-based empirical models. The comparison indicates that the model and observations are generally in good agreements, but in some condition such as at solar maximum there are significant disagreements in the ionospheric electron density distribution. In order to improve the accuracy of the model, we have made several updates such as ion chemical processes, energetics, parameterization, and so on. We also have introduced magnetospheric effects into the model, such as electrodynamics coupling with magnetosphere and particle precipitation. In this presentation, we discuss how the upper atmospheric model can improve its accuracy and how they can be validated.

キーワード：宇宙天気、大気圏、電離圏、シミュレーション、熱圏、データ同化
Keywords: space weather, whole atmosphere, ionosphere, simulation, thermosphere, assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2]
*Hitoshi Fujiwara[1], Yasunobu Miyoshi[2], Masayoshi Utashima[1], Huixin Liu[2]

1. 成蹊大学 理工学部、2. 九州大学 理学研究院
1. Faculty of Science and Technology, Seikei University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

Since both the effects from the lower atmosphere and in-situ forcing are significant in the thermospheric region between 100 and 200 km altitude, the thermosphere in the region shows complex variations depending on various conditions. In addition, observations of the thermosphere (neutral atmosphere) between 100 and 200 km are very few compared to the upper thermosphere (above 300 km) and the ionosphere. These make it difficult to improve reliability of empirical and numerical models. Observations from Low Earth Orbit (LOE) satellites would be essential for building up available data sets in the thermospheric region between 100 and 200 km altitude. We will introduce our research project to investigate the thermospheric mass density variations in the 100-200 km altitude region with the LOE satellite, e.g., Tsubame (SLATS), data and a whole atmosphere GCM.

キーワード：熱圏、質量密度、低高度衛星、GCM
Keywords: thermosphere, mass density, Low Earth Orbit (LOE) satellite, GCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4]
*Kumiko K. Hashimoto[1], Takashi Kikuchi[2], Ichiro Tomizawa[3], Keisuke Hosokawa[3], Jaroslav Chum[4]

1. 吉備国際大学、2. 名古屋大学、3. 電気通信大学、4. チェコ大気物理研究所
1. Kibi International University, 2. Nagoya University, 3. University of Electro-Commnunications, 4. Institute of Atmospheric Physics, Prague

Ionospheric electric fields penetrated from the magnetosphere to the low latitude ionosphere have been observed as geomagnetic disturbances caused by ionospheric currents, such as the equatorial electrojet (EEJ) at the dayside equator. The ionospheric currents are too weak to be a detector of the electric field at low latitudes on the dayside and even at the equator on the nightside. The HF Doppler (HFD) sounder is another powerful tool for observations of the electric filed at low latitudes on both the day- and night-sides. We have shown that the electric fields of the geomagnetic sudden commencements (SC) are composed of the preliminary impulse followed by the main impulse, of which directions are opposite to each other and both electric fields are opposite on the day- to night-sides (Kikuchi et al. 2016 JGR). We have also shown that the substorm electric fields are composed of the growth phase followed by expansion phase overshielding electric fields, of which directions are opposite to each other (Hashimoto et al., 2017). In this paper, we show that the HFD sounder is capable of detecting stormtime electric fields and that the electric fields are found to decay rather rapidly over one hour during the main phase with the time scale of a few hours. Combining with the equatorial magnetometer data, we would be able to estimate the decaying rate of the HFD electric fields, which helps obtain the stormtime electric fields quantitatively from the HFD data. We discuss advantages of widely separated HFD sounder operations and cooperations with SuperDARN as well as with magnetometer networks.

キーワード：HFドップラー、電離圏電場、磁気圏電場、磁気嵐、赤道ジェット電流
Keywords: HF Doppler observation, ionosphere electric field, magnetospheric electric field, geomagnetic storm, equatorial electrojet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1]
*Ryuho Kataoka[1]

1. 国立極地研究所
1. National Institute of Polar Research

Transient mesospheric ionization was detected at an altitude of 65-70 km during the auroral breakup that occurred from 2220 to 2226 UT on June 30, 2017. During this event, the footprint of the Arase satellite was located within the field of view of the all-sky imagers at Syowa Station in the Antarctic. Auroral observations at Syowa Station revealed the dominant precipitation of relatively soft electrons during the auroral breakup. A corresponding spike in cosmic noise absorption was also observed at Syowa Station, while the Arase satellite observed a flux enhancement of >100 keV electrons and a broadband noise without detecting chorus waves or electromagnetic ion cyclotron waves. A general-purpose Monte Carlo particle transport simulation code was used to quantitatively evaluate the ionization in the middle atmosphere. Results of this study indicate that the precipitation of energetic electrons of >100 keV, rather than X-rays from the auroral electrons, played a dominant role in the transient and deep (65-70 km) mesospheric ionization during the observed auroral breakup. Based on the above results of Kataoka et al. (2019), we further discuss a possible role of X-rays to ionize the stratosphere during magnetic storms.

Reference:
Kataoka et al. (2019), Earth, Planets and Space, 71, 9, https://doi.org/10.1186/s40623-019-0989-7

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2]
*Ryo Nakao[1], Hiroyuki Nakata[1], Hiroyo Ohya[1], Toshiaki Takano[1], Kornyanat Hozumi[2], Takuya Tsugawa[2], Susumu Saito[3], Mamoru Ishii[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2. 情報研究通信機構、3. 電子航法研究所
1. Graduate School of Engineering, Chiba University, 2. National Institute of imformation and Communications Technology, 3. Electronic Navigation Research Institute

To provide the information of nowcast of radio propagation, we have started a project, HF-START (HF simulator Targeting for All user's Regional Telecommunications). In this project, a simulator that is able to predict propagation of HF radio waves is constructed by ray-tracing calculation.
Using this simulator, we have examined whether HF radio wave travels between any two points. In this calculation, the electron density, which is necessary to calculate reflection index is determined by International Reference Ionosphere (IRI).In this project, HF receivers have been installed at Chiba University (Chiba, 35.62N, 140.10E), Sarobetu (Hokkaido, 45.16N, 141.74E), Numata (Gunma, 36.62N, 139.02E), Yamagawa (Kagoshima, 31.20N, 130.61), Ogimi (Okinawa, 26.68, 128.15E) for observing HF radio wave transmitted from radioNIKKEI (Nagara, Chiba, 35.46N, 140.20E) to confirm the results of the ray-tracing calculation. In the ray-tracing calculation, therefore, we set the same locations of the transmitter and receivers as the observatories of HF-START. As a result of simple comparison between the ray-tracing results and the observation, it is found that there was a difference of the propagation time between the ray-tracing results and the observations. It is possible that the radio wave propagation between radioNIKKEI and Ciba University is not ground wave but sky wave that is reflected by ionosphere. As for further calculation, we plan to use the electron density distributions determined by GAIA and GNSS tomography in the ray-tracing calculation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？
Why do some probabilistic forecasts lack reliability?

*久保 勇樹[1]
*Yuki Kubo[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

One of the important attributes to be satisfied for the probabilistic forecast system is reliability. However, some probabilistic forecast systems lack reliability. Why do some probabilistic forecasts lack reliability? We investigate a condition for a probabilistic binary forecast to be reliable in this work. We mathematically prove that a necessary, but not sufficient, condition for achieving a reliable probabilistic forecast is maximizing the Peirce skill score (PSS) at the threshold probability of the climatological base rate. The condition is confirmed by using artificially synthesized forecast-outcome pair data and previously published probabilistic solar flare forecast models. The condition gives a partial answer as to why some probabilistic forecast systems lack reliability, because the system, which does not satisfy the proved condition, can never be reliable. The result implies that those who want to develop a reliable probabilistic forecast system must adjust or train the system so as to maximize PSS near the threshold probability of the climatological base rate.

キーワード：確率予報、信頼性
Keywords: Probabilistic forecast, Reliability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2]
*Masao Nakamura[1], Ryota Kawachi[1], Go Takahashi[1], Tsutomu Nagatsuma[2], Mamoru Ishii[2]

1. 大阪府立大学、2. 情報通信研究機構
1. Osaka Prefecture University, 2. NICT

Spacecraft anomalies are often induced by electrostatic discharges due to surface charging. Some spacecraft charging simulation software is developed by space agencies and research institutes and used for spacecraft designs and charging analysis. However these simulations cannot be used for a real-time estimation because they need hours or days to calculate the surface potential for a given plasma environment. Therefore we develop a quick estimation method of GEO spacecraft surface charging for the Space Environment Customized Risk Estimation for Spacecraft (SECURES) of the space weather forecast Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction (PSTEP). We estimate the surface potentials by interpolation using lookup tables of the pre-simulated surface potentials for combinations of plasma temperatures and densities. We study fitting functions used in the interpolation and how to make the lookup tables for the good estimation. Then we can real-time estimate the surface potentials of the target GEO spacecraft when the on-orbit plasma environment is predicted or observed. The spacecraft risk assessment can be accomplished by additional information about the experimental discharging differential potential of the surface materials.

キーワード：宇宙機表面帯電、宇宙天気、衛星リスク評価
Keywords: Spacecraft surface charging, Space weather, Spacecraft risk assessment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4]
*Keisuke Hosokawa[1], Hiroyuki Nakata[2], Kumiko K. Hashimoto[3], Ichiro Tomizawa[1], Jun Sakai[1], Takashi Kikuchi[4]

1. 電気通信大学、2. 千葉大学、3. 吉備国際大学、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. University of Electro-Communications, 2. Chiba University, 3. Kibi International University, 4. ISEE, Nagoya University

Since 2003, a network observation of HF Doppler sounding has been conducted in Japan for remote-sensing the atmospheric, ionospheric and magnetospheric processes. Currently, 1 transmitting station (Tx) and 7 receiving stations (Rx) are operative by a collaborative effort of four difference universities. The main transmitting station is located at Chofu, Tokyo, Japan in the Campus of University of Electro-Communications (JG2XA). JG2XA transmits continuous waves at 5006 kHz and 8006 kHz with a transmitting power of 200 W. By receiving this JG2XA signal at 7 Rx stations (Sugadaira, Oarai, Kure, Kashima, Iitate, Fujisawa and Sugito) we derive the Doppler shift imposed during the propagation and reflection in the ionosphere. In particular, the Doppler shift data can be used to detect vertical motion of the ionospheric F region with a temporal resolution of 10 s. At some stations, we also have observed signals from Radio Nikkei 1 (JOZ at 3925 kHz, JOZ2 at 6055 kHz, and JOZ3 at 9595 kHz) transmitted from Nagara, Chiba, Japan, which allows us to observe the vertical motion of the ionosphere at several altitude levels. The data obtained from this experiment since 2003 are all available at http://gwave.cei.uec.ac.jp/~hfd. Not only quick-look plots but also several types of digital data (raw wave form and Doppler shift data) can be retrieved from this database. The experiment covers various ionospheric phenomena in the Magnetosphere-Ionospheric (M-I) coupling system, such as sporadic E-layer (Es), medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs), large-scale traveling ionospheric disturbances (LSTIDs), global-scale electric field variation, geomagnetic pulsations, and sudden commencement (SC). The data can also be used for the studies of vertical coupling between the lower atmosphere and ionosphere, for example, observations of ionospheric variation after large earthquakes, volcanic eruptions and typhoons. To facilitate analyses of the phenomena listed above, it is desired to observe a wider area in latitude and longitude. For this purpose we plan to extend the network covering the entire ionosphere over Japan in the near future. In the presentation, we will give a brief introduction to the experiments and online database, and then discuss the future direction of the studies of atmosphere, ionosphere and magnetosphere using the HF Doppler sounding in a framework of international collaborations.

キーワード：短波ドップラー観測、電離圏
Keywords: HF Doppler experiment, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[P-EM12] Space Weather and Space Climate

コンビーナ:片岡 龍峰(国立極地研究所)、Antti A Pulkkinen(NASA Goddard Space Flight Center)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、坂口 歌織(情報通信研究機構)

We share the latest scientific papers to understand how the solar-terrestrial environment changes in various time scales, and to discuss how we will react via international and interdisciplinary collaborations. More specifically, welcomed papers include space climate studies to reconstruct long-term variations from radio isotopes; cutting-edge observational and modeling studies of the ionosphere, geospace, heliosphere and the sun; simulation and statistical studies to predict the future space weather and space climate; applied science such as operational space weather forecast and mitigation of the social impact due to extreme space hazards.

[PEM12-P01] Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2] (1.Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics、2.National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory)

[PEM12-P02] Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3.関西学院大学、4.米国カトリック大学)

[PEM12-P03] Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories)

[PEM12-P04] Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1]、Ya-Hui Yang[1]、Baolin Tan[2]、Chengming Tan[2]、Y.H. Yan[2] (1.Graduate Institute of Space Science National Central University、2.Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences)

[PEM12-P05] Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4] (1.防衛大学校、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4.国立天文台)

[PEM12-P06] Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ボルダー研究所)

[PEM12-P07] **Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection**

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.ハーバード・スミソニアン天体物理学センター)

[PEM12-P08] Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1] (1.関西学院大学)

[PEM12-P09] High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3] (1.武蔵野美術大学、2.山形大学、3.千葉大学)

[PEM12-P10] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P11] Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2]、Hiroko Miyahara[2]、Kazuho Horiuchi[3]、Hiroyuki Matsuzaki[4]、Hailong Sun[5]、Weijun Luo[5]、Xiangmin Zheng[1]、Yusuke Suganuma[6,7]、Shijie Wang[5]、Limin Zhou[1] (1.East China Normal University、2.Musashino Art University、3.Hirosaki University、4.University of Tokyo、5.Chinese Academy of Sciences、6.National Institute of Polar Research、7.The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI))

[PEM12-P12] 1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1]、Kazuoki Munakata[1]、Akira Kadokura[2]、Ryuho Kataoka[2]、Paul Evenson[3] (1.Shinshu University、2.National Institute of Polar Research、3.University of Delaware)

[PEM12-P13] 黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P14] 惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性

*荒木 徹、原田 裕己[1] (1.京都大学)

[PEM12-P15] **Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes**

*野和田 基晴[1] (1.山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心)

[PEM12-P16] A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3] (1.成蹊大学、2.山東大学威海校、3.東海大学)

[PEM12-P17] Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2] (1.情報通信研究機構、2.九州大学)

[PEM12-P18] **Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan**

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5] (1.京都大学大学生存圏研究所、2.情報通信研究機構、3.吉備国際大学、4.徳山工業高等専門学校、5.名古屋大学、6.京都大学大学院工学研究科)

[PEM12-P19] Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3] (1.情報通信研究機構、2.九州大学、3.成蹊大学)

[PEM12-P20] Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2] (1.成蹊大学 理工学部、2.九州大学 理学研究院)

[PEM12-P21] Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4] (1.吉備国際大学、2.名古屋大学、3.電気通信大学、4.チェコ大気物理研究所)

[PEM12-P22] Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1] (1.国立極地研究所)

[PEM12-P23] Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2.情報研究通信機構、3.電子航法研究所)

[PEM12-P24] なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？

*久保 勇樹[1] (1.情報通信研究機構)

[PEM12-P25] An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2] (1.大阪府立大学、2.情報通信研究機構)

[PEM12-P26] A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4] (1.電気通信大学、2.千葉大学、3.吉備国際大学、4.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

Reconnection signatures in solar magnetograms during the solar storms of 4-10 September 2017

*Robert Dean Loper[1,2]

1. Air Force Institute of Technology, Department of Engineering Physics, 2. National Center for Atmospheric Research, High Altitude Observatory

Solar flare forecasting is limited to active region classification and historical correlation, due largely to our lack of understanding of magnetic reconnection as a driving mechanism for solar flares and coronal mass ejections. Photospheric observations indicate magnetic field changes during solar flares, brought about during magnetic reconnection and related to magnetic field helicity on the solar surface. While the neutral point of the reconnection event associated with a flare usually occurs in the solar corona, some signs of the magnetic field changes should manifest as low as the photosphere. This study utilizes data from SDO HMI and Space-Weather HMI Active Regions Patches (SHARPS) to analyze full vector field component data in the photospheric magnetic field during several magnetic reconnection events during the space weather events of 4-10 September 2017.

Keywords: solar atmosphere, sunspots, magnetogram, solar flares

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical Relation between Solar Flares and Coronal Mass Ejections with Respect to Sigmoidal Structures in Active Regions

*川畑 佑典[1,2]、飯田 佑輔[3]、土井 崇史、秋山 幸子[4]、八代 誠司[4]、清水 敏文[2]
*Yusuke Kawabata[1,2], Yusuke Iida[3], Takafumi Doi, Sachiko Akiyama[4], Seiji Yashiro[4], Toshifumi Shimizu[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、3. 関西学院大学、4. 米国カトリック大学
1. Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, 3. Kwansei Gakuin University, 4. The Catholic University of America

We will report statistical dependences among features of coronal mass ejections (CMEs), solar flares, and sigmoidal structures in soft-X-ray images (Kawabata et al. 2018). We applied analysis methods to all the features in the same way in order to investigate the reproducibility of the correlations among them, which may be found from previous statistical studies. Samples of 211 M-class and X-class flares, observed between 2006 and 2015 by the Hinode/X-ray telescope, Solar and Heliospheric Observatory/Large Angle and Spectrometric Coronagraph, and Geostationary Operational Environmental Satellite, were examined statistically. Five kinds of analysis were performed: Occurrence rate analysis, linear-correlation analysis, association analysis, the Kolmogorov–Smirnov test, and the Anderson–Darling test. These give three main results. First, the sigmoidal structure and long-duration events (LDEs) have a stronger dependence on CME occurrence than large X-ray-class events in on-disk events. Second, for the limb events, a significant dependence exists between LDEs and CME occurrence, and between X-ray-class events and CME occurrence. Third, 32.4% of on-disk flare events have sigmoidal structure and are not accompanied by CMEs. However, the occurrence probability of CMEs without sigmoidal structure is very small, 8.8%, in on-disk events. While the first and second results are consistent with previous studies, we provide for the first time a difference between the on-disk and limb events. The third result, that non-sigmoidal regions produce fewer eruptive events, is also different from previous results. We suggest that sigmoidal structures in soft X-ray images will be a helpful feature for CME prediction in on-disk flare events.

キーワード：太陽、太陽フレア、コロナ質量放出、シグモイド
Keywords: Sun, Solar flares, Coronal mass ejections, Sigmoid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Multi-wavelength Observations of Pre-flare Quasi-periodic Pulsation in the C2.2 Flare on 2012 October 15

*Yung-Chi Yang[1], Ya-Hui Yang[1], Baolin Tan[2], Chengming Tan[2], Y.H. Yan[2]

1. Graduate Institute of Space Science National Central University, 2. Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories

Quasi-periodic pulsation (QPP) is thought to be the nature of solar flares, which can be observed during and before flares in various wavelengths, such as the radio, microwave, SXR, and EUV. In this study, we analyze a pre-flare QPP event on 2012 October 15 and its association with the following C2.2 flare based on the radio data in the ranges of 2.81-2.85 GHz and 2.91-2.95 GHz from Solar Broadband Radio Spectrometer (SBRS), EUV images from AIA multi-wavelength observations, and wavelet analysis. Our result show that the main period of the radio QPP is ~800 s which is similar to the period of ~13.5 min obtained in SXR by Tan et al. (2016). Moreover, we analyze several localized areas in the flare-eruptive AR 11593 to search for the possible regions responsible for the occurrence of pre-flare QPP. We find that the footpoints of brightening loops in 211 Åshow the quasi-periodic behavior of ~850 s. It is thus suggested that the pre-flare QPP with a period of 13-15 min can be manifested in both of the thermal (SXR, EUV) and nonthermal (radio) radiation processes. The relationship between the pre-flare QPP and the subsequent C2.2 flare will also be discussed.

Keywords: sun, solar flares, solar oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of pre-flare type III solar radio bursts and their potential solar origins

*Shao-Fu Hsieh[1], Ya-Hui Yang[1], Baolin Tan[2], Chengming Tan[2], Y.H. Yan[2]

1. Graduate Institute of Space Science National Central University, 2. Key Laboratory of Solar Activities, National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences

Type III solar radio bursts are characterized as the fast-drifting radio emissions in a dynamic spectrogram, which is believed to be produced by the propagating electron beams and often accompanied with the solar flares or magnetic reconnection. Studying the type III radio bursts in high-frequency range before flares would be important for understanding the trigger of energy release although it is rarely reported previously. Here we present two pre-flare type III burst events found in the range of 2.6-3.8 GHz at Solar Broadband Radio Spectrometer (SBRS). By comparing with the SDO/AIA multi-wavelength observations in flare active regions, the pre-flare type III radio bursts have good temporal correlations with the increases of EUV emissions. Furthermore, we find that one event is related to the EUV brightening with 1-min delay, implying the existence of plasma heating before energy release. The other event has a simultaneous EUV jet with a speed of ~700 km/s indicating the occurrence of magnetic reconnection. We suppose both pre-flare events are associated with small-scale energy release via magnetic reconnection.

Keywords: sun, solar flares, solar radio bursts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Statistical and observational research of solar flare for constructing total emission spectra prediction model

*西本 将平[1]、渡邉 恭子[1]、今田 晋亮[2]、川手 朋子[3]、Kyoung-Sun Lee[4]
*Shohei Nishimoto[1], kyoko Watanabe[1], Shinsuke Imada[2], Tomoko Kawate[3], Kyoung-Sun Lee[4]

1. 防衛大学校、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、4. 国立天文台
1. National Defense Academy, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Institute Of Space And Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 4. National Astronomical Observatory of Japan

Impulsive energy release phenomena such as solar flares, sometimes affect to the solar-terrestrial environment. Usually, we use soft X-ray flux (GOES class) as the index of flare scale. However, the magnitude of effect to the solar-terrestrial environment is not proportional to this scale. Therefore, it is considered that the GOES class is not optimal parameter for predicting the Sudden Ionospheric Disturbance (SID). To identify the relationship between solar flare phenomena and influence to the solar-terrestrial environment, we need to understand the full spectra of solar flares in detail.
There is the solar flare irradiance model named the Flare Irradiance Spectral Model (FISM) (Chamberlin et al., 2006, 2007, 2008). FISM is the most used model, and can estimate solar flare spectra with high wavelength and temporal resolution. However, this model can not express the time evolution of emitted plasma during the solar flare, and has low accuracy on short wavelength that might strongly affect to the total flare spectra. Therefore, individual SID phenomenon can not be reproduced.
In this work, in order to solve the problems of FISM, we performed statistical analysis on observational data during the solar flares. From This study, we tried to find the parameters that control the solar flare emission spectra. We selected solar flare events larger than M-class from the Hinode flare catalogue (Watanabe et al., 2012). First, we focused on the EUV emission observed by the SDO/EVE. We examined the intensities and time evolutions of five EUV lines (Fe XX, Fe XVIII, Fe XVI, Fe VIII, and He II) for 54 flare events. As a result, we found positive correlation between the “GOES class” and the “EUV peak flux” for all Fe lines. Moreover, we found that hotter lines peaked earlier than cooler lines. On the other hand, He II line data have poor correlation with GOES X-ray data. Furthermore, we considered that the geometrical features of solar flares effect to those time evolutions. We measured flare ribbon length for 33 flare events observed by SDO/AIA, and found positive correlation between the “flare duration” and the “ribbon length”. From the statistical research of these observational data, we found that the time evolution of EUV emission can be explained by the X-ray emission.
Then, we tried to identify parameters that determine the solar flare spectra by comparing the flare emissions derived from physical based numerical model of solar flare with the actual observational data. Consequently, we used numerical simulation same as Imada et al.(2015). This numerical model can reproduce the movement and ionization of the plasma in the flare loop.
In this presentation, we will show some results of numerical simulation, and discuss the parameters for total solar flare emission spectra by comparing of simulation results, observational data and FISM.

キーワード：宇宙天気、太陽フレア
Keywords: Space Weather, Solar Flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modeling of solar active regions using local linear force-free fields to estimate magnetic twist

*中谷 賢人[1]、草野 完也[1]、Park Sung-Hong[1]、Leka KD[2]
*Kento Nakatani[1], Kanya Kusano[1], Sung-Hong Park[1], Leka KD[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. ボルダー研究所
1. Institute for space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. North West Reserch Associates

The prediction of solar flares is an important issue for space weather forecasting. Although solar flares are believed to be caused by the magnetohydrodynamic (MHD) instability in solar active regions, the method for accurately evaluating the stability of solar magnetic field is not yet established. Recently, Ishiguro & Kusano (2017) proposed that a new instability called the Double Arc Instability (DAI) plays a role of initial driver of solar flares and the critical parameter for this instability can be used to evaluate the stability of active regions. The parameter can be derived by the integration of the magnetic twist as the function of magnetic flux. One way for it is given by the nonlinear force-free field (NLFFF) extrapolation using the photospheric vector magnetic field data. However, the NLFFF extrapolation demands heavy computation and it sometimes cannot well work as a model of solar coronal magnetic field because the force-free condition is limited on the photosphere. Therefore, in order to improve the efficiency and applicability of the flare prediction using , it may be required to develop a method to approximately but much quickly capture the overall features of magnetic field in solar active regions, especially in the flare triggering region. From this point of view, we try to develop a method to extract the characteristic feature of magnetic field in solar active regions using the linear force-free field (LFFF) model. For this objective, we compare the several methods to accurately capture the structure of using LFFF. In this study, we report the result of the analysis for the solar active region NOAA 11429.

キーワード：宇宙天気、太陽、ツイスト、フォースフリー、光球面、活動領域
Keywords: Space weather, solar , twist, force-free, photosphere, active region

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnetohydrodynamic Simulation of an Erupting Magnetic Flux Rope on February 13 2009: Journey to Coronal Mass Ejection

*井上 諭[1]、Antonia Savcheva[2]
*Satoshi Inoue[1], Antonia Savcheva[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. ハーバード・スミソニアン天体物理学センター
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics

We performed a magnetohydrodynamic (MHD) simulation of a solar eruption launched from solar active region 11012 on February 13, 2009. We in particular concentrated on the evolution of the magnetic flux rope (MFR) leading a coronal mass ejection. We first extrapolated the pre-eruptive magnetic flux ropes using a flux insertion method, in which the MFRs can be extrapolated from the normal component of the magnetic field (Bz) observed by SOHO/MDI and Extreme-Ultra Violet (EUV) images observed by the STEREO satellite. The extrapolated magnetic field reproduced the sigmoidal magnetic structure observed in EUV image well. Next we performed the MHD simulation using the extrapolated magnetic field.

The resulting simulation showed the dramatic eruption of the magnetic flux rope under which the current sheet and the post-flare loops are formed. This is well explained by the standard CSHKP flare model. The evolution of the MFR did not show simple dynamics, rather it showed very complicated dynamics through a magnetic reconnection. We found, during the eruption, that the coherent MFR is created through the reconnection of multiple pre-existing MFRs. Magnetic reconnection plays a role in producing the coherent, erupting MFR and supplying further twist into it. Furthermore we found that the footpoints of the erupting MFR moves along or away from the polarity inversion line, as seen in two-ribbon flares. The locations of both the footpoints of the MFR correspond to those of dimming regions observed in EUV images. Since the location and shape of the post-flare loops obtained from the simulation is reproduced in the observations, we can confirm the reliability of our simulation.

キーワード：太陽フレア、太陽磁場噴出、電磁流体力学
Keywords: Solar Flare, Solar Eruption, Magnetohydrodynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of flow structures in the solar interior through the surface magnetic elements' tracking

*飯田 佑輔[1]
*Yusuke Iida[1]

1. 関西学院大学
1. Kwansei Gakuin University

We investigate the correlation of meridional flow and rotation velocity in the solar interior by tracking huge number of the surface magnetic elements.

As reported in JpGU2017 meeting, we found that the meridional flow velocity from the magnetic elements' tracking depends positively on their flux and size. We discussed that it may come from that the larger magnetic elements are rooted in the deeper solar interior. We further investigate this issue by correlating the meridional flow velocity and rotation velocity.

We use line-of-sight magnetograms obtained by SDO/HMI in July 2016. Time cadence is 45 seconds, in which the travel distance of magnetic element is smaller than 1 pixel. The magnetograms are transposed from the Earth-view coordinate to the Stonyhurst coordinate. We use the data within 75 degree from the disk center. Magnetic field strength is converted with an assumption that magnetic field is vertical to the surface and interpolated with a cubic spline interpolation.

We detected approximately 8,000 elements in each magnetogram and 4.5x108 displacements in our data set. The meridional flow and rotation velocity on magnetic flux are investigated. The rotation velocity shows negative dependence on the flux at the latitude within 45 degree while it shows weekly positive dependence at the latitude higher than 45 degree. This result is consistent with the depth dependence of rotation velocity obtained by previous helioseismology researches.

キーワード：太陽、ビッグデータ、乱流
Keywords: Sun, Bigdata, Turbulence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-precision measurement of carbon-14 in tree rings around the onset of the Maunder Minimum

*宮原 ひろ子[1]、門叶 冬樹[2]、森谷 透[2]、堀田 英之[3]
*Hiroko Miyahara[1], Fuyuki Tokanai[2], Toru Moriya[2], Hideyuki Hotta[3]

1. 武蔵野美術大学、2. 山形大学、3. 千葉大学
1. Musashino Art University, 2. Yamagata University, 3. Chiba University

It is well known that the Sun indicates long-term variations at time scales of a few hundred years to a few millennia. It sometimes brings the grand minima, at which period the sunspots disappear for more than several decades. The detailed process of such long-lasting disappearance of sunspots, however, remains unclear. We therefore have been trying to reconstruct solar cycles around the onset of grand minima based on high-precision measurement of carbon-14 in tree rings. In this paper, we report on our preliminary result on the measurement of carbon-14 around the onset of the Maunder Minimum.

キーワード：太陽活動周期、太陽活動極小期、宇宙線生成核種
Keywords: solar cycle, grand minima, cosmogenic nuclide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity

*Hongyang Xu[1,2], Hiroko Miyahara[2], Kazuho Horiuchi[3], Hiroyuki Matsuzaki[4], Hailong Sun[5], Weijun Luo[5], Xiangmin Zheng[1], Yusuke Suganuma[6,7], Shijie Wang[5], Limin Zhou[1]

1. East China Normal University, 2. Musashino Art University, 3. Hirosaki University, 4. University of Tokyo, 5. Chinese Academy of Sciences, 6. National Institute of Polar Research, 7. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

In this study, we explore the possibility of using travertine sediment for reconstructing the past solar activity. We obtained an annual ^{10}Be record from travertine deposit from the modern period and compared with the neutron monitor data. We discuss a possible methodology to calibrate the climatological impact on ^{10}Be deposition and to obtain the signal of past solar and cosmic-ray variations.

Keywords: Beryllium-10, cosmogenic nuclide, solar activity, endogenic travertine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of ^{10}Be in travertine sediment as a possible tool to reconstruct past solar activity II

*Hongyang Xu[1,2], Hiroko Miyahara[2], Kazuho Horiuchi[3], Hiroyuki Matsuzaki[4], Hailong Sun[5], Weijun Luo[5], Xiangmin Zheng[1], Yusuke Suganuma[6,7], Shijie Wang[5], Limin Zhou[1]

1. East China Normal University, 2. Musashino Art University, 3. Hirosaki University, 4. University of Tokyo, 5. Chinese Academy of Sciences, 6. National Institute of Polar Research, 7. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

We have been examining the potential of ^{10}Be in travertine sediment as a tool to reconstruct past solar and cosmic-ray variations. In this paper, we compare the ^{10}Be profile in the travertine layers from the rainy and dry seasons, and discuss the nature of ^{10}Be deposition at the two seasons.

Keywords: Beryllium-10, cosmogenic nuclide, solar activity, endogenic travertine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1 year of CR observation at Syowa Station in the Antarctic.

*Chihiro Kato[1], Kazuoki Munakata[1], Akira Kadokura[2], Ryuho Kataoka[2], Paul Evenson[3]

1. Shinshu University, 2. National Institute of Polar Research, 3. University of Delaware

CR observation has been carried out for 1 year at Syowa Station in the Antarctic. There was no serious unavailability of data during the whole year. It is now concluded that this station can contribute to a space weather study as one of the CR monitoring station of Global Muon Detector Network (GMDN). We report observed data and its stability as GMDN.

Keywords: Cosmic Rays, Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黎明期の宇宙天気予報資料：手書きの現象記録表
Space weather forecast archives at NICT: handwritten solar activity charts

*坂口 歌織[1]、塩田 大幸[1]、福永 香[1]、丸橋 克英[1]、石橋 弘光[1]、久保 勇樹[1]、石井 守[1]
*Kaori Sakaguchi[1], Daikou Shiota[1], Kaori Fukunaga[1], Katsuhide Marubashi[1], Hiromitsu Ishibashi[1], Yuki Kubo[1], Mamoru Ishii[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

本発表では, 元郵政省 電波研究所 平磯支所 超高層研究室（現在の国立研究開発法人 情報通信研究機構 電磁波研究所 宇宙環境研究室）で, 今から約40年前の1978年から1998年まで電波警報業務の遂行のために作成されていた手書きの「現象記録表（solar activity chart）」について紹介する. 現象記録表には, 太陽表面における黒点や爆発現象の発生と推移・日本の地磁気・宇宙線および短波伝搬などへの影響が, 当時の記録者のコメントやスケッチと共に記録さている. 期間は太陽活動サイクル21から22の約20年間に該当する. バーテルス太陽回転周期番号ごとに太陽から地上までのデータが１枚のチャート紙に図示され,太陽面現象と磁気圏・電離圏擾乱の因果関係や回帰性を把握する資料として利用されていた. 記録表に示されている内容は, 主に平磯での独自の観測データとテレックス端末でURSIgramコードとして入電した国内外からデータである. 各観拠点からは多くても1日に1回のみの入電ではあったが, これはインターネットの普及していなかった当時の最速のリアルタイムデータの蓄積と考えられる. 現在, 我々は現象記録表とそこに示されているデータのデジタル化を行なっている. 現象記録表に示されているデータを元に, 当時どの程度のリアルタイム性のあるどのようなデータを元に電波警報を発令していたかを分析した結果と共に, 当時の太陽フレア・地磁気擾乱予報について検証した結果についても紹介する.

キーワード：宇宙天気アーカイブ、ウルシグラム
Keywords: Space Weather Archive, URSIgram

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星間空間磁場の太陽風パラメタ-依存性
IMF dependence on solar wind parameters

*荒木 徹、原田 裕己[1]
*Tohru Araki, Yuki Harada[1]

1. 京都大学
1. Kyoto University

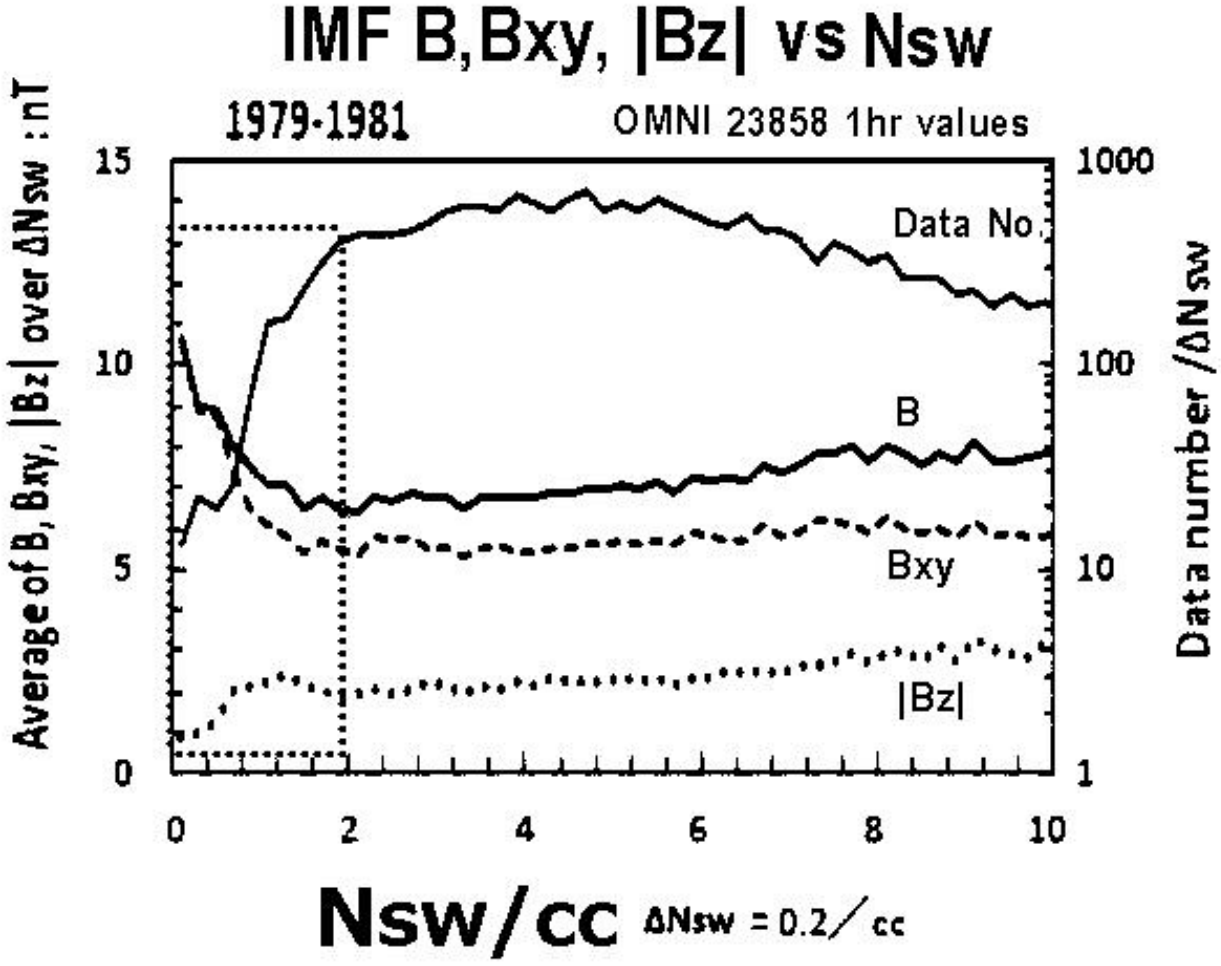
IMFの太陽風プラズマ依存性を，OMNI 1 時間値を用いて調べた．

下図は，IMFの絶対値（B），黄道面内成分（Bxy），垂直成分（Bz）の太陽風数密度（Nsw）に対するプロットである．３量は，Nswの0.2/cc毎の小区間の平均値であり，各区間のデータ数も示されている．

３量は，(1) Nswの減少と共に緩やかに減少するが，(2) 更にNswが減ると，B，Bxyは増加に転じて同じ値（ここでは約10nT）に収斂し，Bzは零に近づいていく．(2)の性質は，Nswが小さくなるとIMFがスパイラル構造に近づくことを意味している．下図は，SSNの極大期にあたる1979-1981年の3年間の解析結果であるが，他の２期間，1999-2001年（SSN極大期）と2007-2009年（SSN極小期）についても，同様の解析を行った．また，火星を周回するMavenが観測したIMFについても調べた．結果は，上の記述と矛盾しない．IMFの太陽風速度依存性も調査した．

キーワード：惑星間空間磁場、太陽風密度、太陽風速度
Keywords: IMF, solar wind density, solar wind melocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dipole Tilt Effect of Geomagnetic Activity from Low- to High-latitudes

*野和田 基晴[1]
*Nowada Motoharu[1]

1. 山東大学 威海校 空間科学与物理学学院 空間科学研究院 空間天気物理与探計測研究中心
1. Shandong University at Weihai

Geomagnetic activity is dominantly impacted by the orientation of the Interplanetary Magnetic Field (IMF). However, when trying to address why the variations of geomagnetic activity are “semi-annual”, and are greater at equinoxes than at solstices, only IMF control of geomagnetic activity is not enough. This is because these variations are strongly dependent on the Earth’ s dipole tilt; the dipole tilt is smaller at the equinoxes than at the solstices. Primitive studies assumed that magnetic reconnection occurs only at the subsolar point of dayside magnetopause. In their studies, the dipole tilt effect was not considered, but only the magnetic field direction between the IMF and the magnetosphere at the subsolar point was discussed in their studies. After them, geomagnetic variations where both dipole tilt effect and IMF direction are taken into account have been investigated. Based on a large database of IMF and AL/AU, we examined the relationship between the IMF clock angle and AL/AU at various dipole tilts. For both positive and negative dipole tilts, geomagnetic activity decrease as the clock angle moves away from 180°. The AL/AU indices also tend to become smaller for larger dipole tilts. This dipole tilt dependence enhances the semi-annual variation of high-latitude geomagnetic activity.
It also remains unclear how degree energy input rate from solar wind to ring current (dD_{st}^{*}/dt) depends on dipole tilt under various interplanetary magnetic field (IMF) orientation and whether or not ring current development also follows this dipole tilt dependence. We tried to statistically investigate the dependence of dipole tilt and IMF clock angles on low- and middle-latitude geomagnetic activity (D_{st}^{*}), which is a proxy of ring current development, and solar wind energy input rate to ring current (dD_{st}^{*}/dt) over one solar cycle (1978 - 1988). D_{st}^{*} was calculated with the solar wind dynamic pressure and original D_{st} index, and the dipole tilt angle was defined as function of the day of year and universal time. The (dD_{st}^{*}/dt) values were obtained based on the solar wind electric field under the southward IMF conditions. Under positive and negative dipole tilts, the (dD_{st}^{*}/dt) values under low dipole tilt are negatively larger than those in case of high dipole tilt. Further peaks at 180° of the IMF clock angle are seen in most of the dipole tilt cases. However, the D_{st}^{*} index shows neither a peak at 180° of the IMF clock angle nor particular dipole tilt dependence in case of negative dipole tilt angles. This result suggests that low- and middle latitude geomagnetic activity (ring current development) does not necessarily show dipole tilt dependence and a one-to-one correlation with solar wind energy input rate to ring current (dD_{st}^{*}/dt).

キーワード：地磁気活動度 (Dst*)、環電流への太陽風エネルギーの流入率 (dDst*/dt)、(地磁気活動度の)半期変動、磁気軸傾斜効果、惑星間空間磁場とそのクロック角、磁気リコネクション
Keywords: Geomagnetic activity (Dst*), Solar wind energy input rate to ring current (dDst*/dt), Semiannual variation , Dipole tilt effect, Interplanetary magnetic field and clock angel, Magnetic reconnection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A New Prediction Model for Solar Wind-Triggered Magnetospheric Disturbances Based on Potential Learning (Neural Network)

*北島 良三[1]、野和田 基晴[2]、上村 龍太郎[3]
*Ryozo Kitajima[1], Motoharu Nowada[2], Ryotaro Kamimura[3]

1. 成蹊大学、2. 山東大学威海校、3. 東海大学
1. Seikei University, 2. Shandong University at Weihai, 3. Tokai University

Nowadays, it becomes so important in saving our economic activity, and preventing the disasters caused by terrestrial electromagnetic effects to predict a scale and the duration of the geomagnetic disturbances based on in-situ solar wind observations. Recently, one of the notable techniques for the predictions of the magnetospheric disturbances is Neural Network (NN). However, most of these studies are focused on the reproduction of the behaviors of the index values, which represent the geomagnetic disturbances (e.g, D_{st} and AE), by inputting the solar wind parameters measured by the satellites. In our study, we apply a novel neural network model of ‘Potential Learning (PL)’.
Basically, Neural Networks (NNs) are models which imitate the information processing in the nervous system of brain. The nerve is made of cells as referred to as “neurons”, which specializes the information processing. NNs consist of “artificial” neurons, and can process information by learning. Therefore, using NNs, we can obtain some characteristics of the data inputted. The PL is a new kind of the NNs. A feature of the PL is to make a network that can understand the input variables based on learning by “input potentialities”, which are indices as calculated with the variances derived from the input variables. If using this PL, we can specify what input variable(s) is (are) potentially important and influential for a phenomenon.
In this study, introducing the PL technique, we try to specify which solar wind parameter plays an essential role in causing the geomagnetic disturbances. Although the conventional PL, where we used, had automatically selected the variables of interest, we develop a “improved” PL in this study so that the variables can manually be selected. We benchmark this new algorithm using the 4 polar magnetic storm cases occurred under the southward Interplanetary Magnetic Field (IMF)-B_z conditions, and advisedly set the maximum potentiality for the IMF-B_z, so that the IMF-B_z component is the most possible solar wind parameter to cause the geomagnetic disturbances. We note “second” solar wind parameter(s) to possibly cause the magnetospheric disturbances, following the IMF-B_z component. After testing our new technique to actual storm events, we might distinguish the magnetospheric disturbances into two different types, that is, the geomagnetic disturbances driven by “IMF-dominant” and “combination of IMF with solar wind plasma (dynamic pressure)”. The advantages to adopt this new algorithm to space weather, and more detailed results will be discussed in this presentation.

キーワード：Predictions of Geomagnetic Activity、Neural Network Considered Potential Learning、Development of Space Weather
Keywords: Predictions of Geomagnetic Activity, Neural Network Considered Potential Learning, Development of Space Weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Real-time magnetosphere simulator for space weather using REProduce Plasma Universe code

*久保田 康文[1]、中溝 葵[1]、坂口 歌織[1]、田 光江[1]、久保 勇樹[1]、長妻 努[1]、田中 高史[1,2]
*Yasubumi Kubota[1], Aoi Nakamizo[1], Kaori Sakaguchi[1], Mitsue Den[1], Yuki Kubo[1], Tsutomu Nagatsuma[1], Takashi Tanaka[1,2]

1. 情報通信研究機構、2. 九州大学
1. National Institute of Information and Communications Technology, 2. Kyushu University

Surface charging of artificial satellite is one of risks caused by dynamical variations of space environment. It occurs when a satellite exposes high energy electrons around 10 keV created by plasma injection accompanied with substorm. Therefore we want to predict timing and electron energy of plasma injection using magnetosphere-ionosphere coupling global MHD simulation. Now we are developing a real-time numerical simulator for space weather forecast using magnetosphere-ionosphere coupling global MHD simulation called REPPU (REProduce Plasma Universe) code. The feature of the simulation code is highly robust to extreme solar wind parameters because the unstructured grid system has no singular point and is able to calculate in the uniform accuracy over the whole region. We use the real-time solar wind data formatted in the GSM coordinate system observed by DSCOVR spacecraft. Magnetic-dipole axis is fixed to z-direction in our simulation. Therefore daily variation of magnetic-dipole axis is not reproduced. Instead, we convert the input direction of the solar wind velocity and magnetic field into that which tilts including daily variation of magnetic dipole axis in x-z plane. In the method the solar wind structure is not exact. However we can relatively reproduce the magnetosphere response including daily variation of the magnetic-dipole axis against solar wind. The resolution is 7682 grids in the horizontal direction and 240 grids in the radial direction.
In this presentation, we compare the simulation results with the CPCP, AE index, and plasma variations observed by geostationary orbit satellites. Density and temperature of plasma injection derived from MHD simulation tends to estimate larger and smaller values than observation respectively because the MHD simulation does not include kinetic heating effects. We have to interpret MHD simulation results for prediction of electron density and temperature. We will discuss how to interpret electron density and temperature between observation and MHD simulation.

キーワード：グローバル磁気圏シミュレーション、表面帯電
Keywords: global MHD simulation, surface charging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan

*西田 悠一郎[1,6]、海老原 祐輔[1]、中村 紗都子[1]、亘 慎一[2]、橋本 久美子[3]、北村 健太郎[4]、菊池 崇[5]
*Nishida Yuichiro[1,6], Yusuke Ebihara[1], Satoko Nakamura[1], Shinichi Watari[2], Kumiko Hashimoto[3], Kentaro Kitamura[4], Takashi Kikuchi[5]

1. 京都大学大学生存圏研究所、2. 情報通信研究機構、3. 吉備国際大学、4. 徳山工業高等専門学校、5. 名古屋大学、6. 京都大学大学院工学研究科
1. Kyoto University Reserch Institute for Sustainable Humanosphere, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Kibi International University, 4. National Insutitute of Technology, Tokuyama College, 5. Nagoya University, 6. Kyoto University Department of Electrical Engineering

The energy released from the sun can enhance electric currents in Earth’ s magnetosphere, which induces an electric field on the ground surface. This electric field, called a geomagnetically induced electric field (GIE), gives rise to geomagnetically induced current (GIC) flowing in a transmission line. Japan is situated at geomagnetically low latitudes, but the potential risk is probably non-zero because a large-amplitude of GIC, as high as 129 A, was recorded in the Japanese power grid during the Halloween storm in October 2003. To evaluate the potential risk of the Japanese power grid properly, we modeled the Japanese power grid with high voltage class over 187 kV on the basis of publicly available data. The model consists of 602 nodes and 763 paths. The uniform GIE imposed on Japan was estimated on the basis of the geoelectric field observed in April 2018 at Kakioka Magnetic Observatory. We applied the uniform GIE on the model. The calculated GIC is roughly in agreement with that measured at 4 substations in Japan. For the westmost substation, a disagreement was found when we considered only the highest class of the power grid (500 kV), which may imply that the lower voltage class of the grid (<500 kV) may have some contribution to the GIC in Japan. We discuss the general tendency of the GIC flowing in the Japanese power grid, and prediction capability of the currently available model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulation of GIC flowing through the power transmission network (187 kV-500 kV) in Japan

Yuichiro Nishida
Yusuke Ebihara
Satoko Nakamura
Shin-Ichi Watari
Kumiko Hashimoto
Kentaro Kitamura
Takashi Kikuchi

Abstract

The energy released from the sun can enhance electric currents in Earth's magnetosphere, which induces an electric field on the ground surface. This electric field, called a geomagnetically induced electric field (GIE), gives rise to geomagnetically induced current (GIC) flowing in a transmission line. Japan is situated at geomagnetically low latitudes, but the potential risk is probably non-zero because a large-amplitude of GIC, as high as 129 A, was recorded in the Japanese power grid during the Halloween storm in October 2003. To evaluate the potential risk of the Japanese power grid properly, we modeled the Japanese power grid with high voltage class over 187 kV on the basis of publicly available data. The model consists of 602 nodes and 763 paths. The uniform GIE imposed on Japan was estimated on the basis of the geoelectric field observed in April 2018 at Kakioka Magnetic Observatory. We applied the uniform GIE on the model. The calculated GIC is roughly in agreement with that measured at 4 substations in Japan. For the westmost substation, a disagreement was found when we considered only the highest class of the power grid (500 kV), which may imply that the lower voltage class of the grid (<500 kV) may have some contribution to the GIC in Japan. We discuss the general tendency of the GIC flowing in the Japanese power grid, and prediction capability of the currently available model.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climatological features of the upper atmosphere reproduced by a revised version of a whole atmosphere-ionosphere coupled model GAIA

*陣 英克[1]、三好 勉信[2]、垰 千尋[1]、品川 裕之[1]、藤原 均[3]
*Hidekatsu Jin[1], Yasunobu Miyoshi[2], Chihiro Tao[1], Hiroyuki Shinagawa[1], Hitoshi Fujiwara[3]

1. 情報通信研究機構、2. 九州大学、3. 成蹊大学
1. National Institude of Information and Communications Technology, 2. Kyushu University, 3. Seikei University

Temporal and spatial variations in the ionospheric electron density and thermospheric mass density could have significant impacts on radio communications between ground and space, and particle and atmospheric drag environments around satellites. Origins of such upper atmospheric variations are not only in the solar atmosphere through the emissions of solar radiation, high-speed plasma gas and high-energy particles, but also in the Earth’s lower atmosphere, where meteorological phenomena could give rise to atmospheric waves propagating upward. In order to nowcast and forecast the upper atmospheric variations and disturbances, a whole atmospheric model, GAIA, has been developed, which combines a whole atmospheric GCM, an ionospheric model and an electrodynamics model in a self-consistent manner.

So far, for the purpose of its validation, we have compared climatological features of thermosphere and ionosphere reproduced by GAIA with those from ionospheric observation and observation-based empirical models. The comparison indicates that the model and observations are generally in good agreements, but in some condition such as at solar maximum there are significant disagreements in the ionospheric electron density distribution. In order to improve the accuracy of the model, we have made several updates such as ion chemical processes, energetics, parameterization, and so on. We also have introduced magnetospheric effects into the model, such as electrodynamics coupling with magnetosphere and particle precipitation. In this presentation, we discuss how the upper atmospheric model can improve its accuracy and how they can be validated.

キーワード：宇宙天気、大気圏、電離圏、シミュレーション、熱圏、データ同化
Keywords: space weather, whole atmosphere, ionosphere, simulation, thermosphere, assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of the thermospheric mass density variations below 200 km

*藤原 均[1]、三好 勉信[2]、歌島 昌由[1]、Liu Huixin[2]
*Hitoshi Fujiwara[1], Yasunobu Miyoshi[2], Masayoshi Utashima[1], Huixin Liu[2]

1. 成蹊大学 理工学部、2. 九州大学 理学研究院
1. Faculty of Science and Technology, Seikei University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

Since both the effects from the lower atmosphere and in-situ forcing are significant in the thermospheric region between 100 and 200 km altitude, the thermosphere in the region shows complex variations depending on various conditions. In addition, observations of the thermosphere (neutral atmosphere) between 100 and 200 km are very few compared to the upper thermosphere (above 300 km) and the ionosphere. These make it difficult to improve reliability of empirical and numerical models. Observations from Low Earth Orbit (LOE) satellites would be essential for building up available data sets in the thermospheric region between 100 and 200 km altitude. We will introduce our research project to investigate the thermospheric mass density variations in the 100-200 km altitude region with the LOE satellite, e.g., Tsubame (SLATS), data and a whole atmosphere GCM.

キーワード：熱圏、質量密度、低高度衛星、GCM
Keywords: thermosphere, mass density, Low Earth Orbit (LOE) satellite, GCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Low-latitude HF Doppler observations of magnetospheric electric fields during space weather disturbances

*橋本 久美子[1]、菊池 崇[2]、冨澤 一郎[3]、細川 敬祐[3]、Chum Jaroslav[4]
*Kumiko K. Hashimoto[1], Takashi Kikuchi[2], Ichiro Tomizawa[3], Keisuke Hosokawa[3], Jaroslav Chum[4]

1. 吉備国際大学、2. 名古屋大学、3. 電気通信大学、4. チェコ大気物理研究所
1. Kibi International University, 2. Nagoya University, 3. University of Electro-Commnunications, 4. Institute of Atmospheric Physics, Prague

Ionospheric electric fields penetrated from the magnetosphere to the low latitude ionosphere have been observed as geomagnetic disturbances caused by ionospheric currents, such as the equatorial electrojet (EEJ) at the dayside equator. The ionospheric currents are too weak to be a detector of the electric field at low latitudes on the dayside and even at the equator on the nightside. The HF Doppler (HFD) sounder is another powerful tool for observations of the electric filed at low latitudes on both the day- and night-sides. We have shown that the electric fields of the geomagnetic sudden commencements (SC) are composed of the preliminary impulse followed by the main impulse, of which directions are opposite to each other and both electric fields are opposite on the day- to night-sides (Kikuchi et al. 2016 JGR). We have also shown that the substorm electric fields are composed of the growth phase followed by expansion phase overshielding electric fields, of which directions are opposite to each other (Hashimoto et al., 2017). In this paper, we show that the HFD sounder is capable of detecting stormtime electric fields and that the electric fields are found to decay rather rapidly over one hour during the main phase with the time scale of a few hours. Combining with the equatorial magnetometer data, we would be able to estimate the decaying rate of the HFD electric fields, which helps obtain the stormtime electric fields quantitatively from the HFD data. We discuss advantages of widely separated HFD sounder operations and cooperations with SuperDARN as well as with magnetometer networks.

キーワード：HFドップラー、電離圏電場、磁気圏電場、磁気嵐、赤道ジェット電流
Keywords: HF Doppler observation, ionosphere electric field, magnetospheric electric field, geomagnetic storm, equatorial electrojet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Stratospheric ionization during magnetic storms

*片岡 龍峰[1]
*Ryuho Kataoka[1]

1. 国立極地研究所
1. National Institute of Polar Research

Transient mesospheric ionization was detected at an altitude of 65-70 km during the auroral breakup that occurred from 2220 to 2226 UT on June 30, 2017. During this event, the footprint of the Arase satellite was located within the field of view of the all-sky imagers at Syowa Station in the Antarctic. Auroral observations at Syowa Station revealed the dominant precipitation of relatively soft electrons during the auroral breakup. A corresponding spike in cosmic noise absorption was also observed at Syowa Station, while the Arase satellite observed a flux enhancement of >100 keV electrons and a broadband noise without detecting chorus waves or electromagnetic ion cyclotron waves. A general-purpose Monte Carlo particle transport simulation code was used to quantitatively evaluate the ionization in the middle atmosphere. Results of this study indicate that the precipitation of energetic electrons of >100 keV, rather than X-rays from the auroral electrons, played a dominant role in the transient and deep (65-70 km) mesospheric ionization during the observed auroral breakup. Based on the above results of Kataoka et al. (2019), we further discuss a possible role of X-rays to ionize the stratosphere during magnetic storms.

Reference:
Kataoka et al. (2019), Earth, Planets and Space, 71, 9, https://doi.org/10.1186/s40623-019-0989-7

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Calculating propagation time of HF radio wave using ray-tracing method and simple comparison with the observation.

*中尾 亮[1]、中田 裕之[1]、大矢 浩代[1]、鷹野 敏明[1]、穂積 コンニャナット[2]、津川 卓也[2]、斎藤 享[3]、石井 守[2]
*Ryo Nakao[1], Hiroyuki Nakata[1], Hiroyo Ohya[1], Toshiaki Takano[1], Kornyanat Hozumi[2], Takuya Tsugawa[2], Susumu Saito[3], Mamoru Ishii[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府基幹工学専攻電気電子工学コース、2. 情報研究通信機構、3. 電子航法研究所
1. Graduate School of Engineering, Chiba University, 2. National Institute of imformation and Communications Technology, 3. Electronic Navigation Research Institute

To provide the information of nowcast of radio propagation, we have started a project, HF-START (HF simulator Targeting for All user's Regional Telecommunications). In this project, a simulator that is able to predict propagation of HF radio waves is constructed by ray-tracing calculation.
Using this simulator, we have examined whether HF radio wave travels between any two points. In this calculation, the electron density, which is necessary to calculate reflection index is determined by International Reference Ionosphere (IRI).In this project, HF receivers have been installed at Chiba University (Chiba, 35.62N, 140.10E), Sarobetu (Hokkaido, 45.16N, 141.74E), Numata (Gunma, 36.62N, 139.02E), Yamagawa (Kagoshima, 31.20N, 130.61), Ogimi (Okinawa, 26.68, 128.15E) for observing HF radio wave transmitted from radioNIKKEI (Nagara, Chiba, 35.46N, 140.20E) to confirm the results of the ray-tracing calculation. In the ray-tracing calculation, therefore, we set the same locations of the transmitter and receivers as the observatories of HF-START. As a result of simple comparison between the ray-tracing results and the observation, it is found that there was a difference of the propagation time between the ray-tracing results and the observations. It is possible that the radio wave propagation between radioNIKKEI and Ciba University is not ground wave but sky wave that is reflected by ionosphere. As for further calculation, we plan to use the electron density distributions determined by GAIA and GNSS tomography in the ray-tracing calculation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜある種の確率予報システムは信頼性が無いのか？
Why do some probabilistic forecasts lack reliability?

*久保 勇樹[1]
*Yuki Kubo[1]

1. 情報通信研究機構
1. National Institute of Information and Communications Technology

One of the important attributes to be satisfied for the probabilistic forecast system is reliability. However, some probabilistic forecast systems lack reliability. Why do some probabilistic forecasts lack reliability? We investigate a condition for a probabilistic binary forecast to be reliable in this work. We mathematically prove that a necessary, but not sufficient, condition for achieving a reliable probabilistic forecast is maximizing the Peirce skill score (PSS) at the threshold probability of the climatological base rate. The condition is confirmed by using artificially synthesized forecast-outcome pair data and previously published probabilistic solar flare forecast models. The condition gives a partial answer as to why some probabilistic forecast systems lack reliability, because the system, which does not satisfy the proved condition, can never be reliable. The result implies that those who want to develop a reliable probabilistic forecast system must adjust or train the system so as to maximize PSS near the threshold probability of the climatological base rate.

キーワード：確率予報、信頼性
Keywords: Probabilistic forecast, Reliability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An estimation method of GEO spacecraft surface charging for a real-time spacecraft risk assessment

*中村 雅夫[1]、川内 諒太[1]、高橋 豪[1]、長妻 努[2]、石井 守[2]
*Masao Nakamura[1], Ryota Kawachi[1], Go Takahashi[1], Tsutomu Nagatsuma[2], Mamoru Ishii[2]

1. 大阪府立大学、2. 情報通信研究機構
1. Osaka Prefecture University, 2. NICT

Spacecraft anomalies are often induced by electrostatic discharges due to surface charging. Some spacecraft charging simulation software is developed by space agencies and research institutes and used for spacecraft designs and charging analysis. However these simulations cannot be used for a real-time estimation because they need hours or days to calculate the surface potential for a given plasma environment. Therefore we develop a quick estimation method of GEO spacecraft surface charging for the Space Environment Customized Risk Estimation for Spacecraft (SECURES) of the space weather forecast Project for Solar-Terrestrial Environment Prediction (PSTEP). We estimate the surface potentials by interpolation using lookup tables of the pre-simulated surface potentials for combinations of plasma temperatures and densities. We study fitting functions used in the interpolation and how to make the lookup tables for the good estimation. Then we can real-time estimate the surface potentials of the target GEO spacecraft when the on-orbit plasma environment is predicted or observed. The spacecraft risk assessment can be accomplished by additional information about the experimental discharging differential potential of the surface materials.

キーワード：宇宙機表面帯電、宇宙天気、衛星リスク評価
Keywords: Spacecraft surface charging, Space weather, Spacecraft risk assessment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A network of HF Doppler sounding systems in Japan

*細川 敬祐[1]、中田 裕之[2]、橋本 久美子[3]、冨澤 一郎[1]、坂井 純[1]、菊池 崇[4]
*Keisuke Hosokawa[1], Hiroyuki Nakata[2], Kumiko K. Hashimoto[3], Ichiro Tomizawa[1], Jun Sakai[1], Takashi Kikuchi[4]

1. 電気通信大学、2. 千葉大学、3. 吉備国際大学、4. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. University of Electro-Communications, 2. Chiba University, 3. Kibi International University, 4. ISEE, Nagoya University

Since 2003, a network observation of HF Doppler sounding has been conducted in Japan for remote-sensing the atmospheric, ionospheric and magnetospheric processes. Currently, 1 transmitting station (Tx) and 7 receiving stations (Rx) are operative by a collaborative effort of four difference universities. The main transmitting station is located at Chofu, Tokyo, Japan in the Campus of University of Electro-Communications (JG2XA). JG2XA transmits continuous waves at 5006 kHz and 8006 kHz with a transmitting power of 200 W. By receiving this JG2XA signal at 7 Rx stations (Sugadaira, Oarai, Kure, Kashima, Iitate, Fujisawa and Sugito) we derive the Doppler shift imposed during the propagation and reflection in the ionosphere. In particular, the Doppler shift data can be used to detect vertical motion of the ionospheric F region with a temporal resolution of 10 s. At some stations, we also have observed signals from Radio Nikkei 1 (JOZ at 3925 kHz, JOZ2 at 6055 kHz, and JOZ3 at 9595 kHz) transmitted from Nagara, Chiba, Japan, which allows us to observe the vertical motion of the ionosphere at several altitude levels. The data obtained from this experiment since 2003 are all available at http://gwave.cei.uec.ac.jp/~hfd. Not only quick-look plots but also several types of digital data (raw wave form and Doppler shift data) can be retrieved from this database. The experiment covers various ionospheric phenomena in the Magnetosphere-Ionospheric (M-I) coupling system, such as sporadic E-layer (Es), medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTIDs), large-scale traveling ionospheric disturbances (LSTIDs), global-scale electric field variation, geomagnetic pulsations, and sudden commencement (SC). The data can also be used for the studies of vertical coupling between the lower atmosphere and ionosphere, for example, observations of ionospheric variation after large earthquakes, volcanic eruptions and typhoons. To facilitate analyses of the phenomena listed above, it is desired to observe a wider area in latitude and longitude. For this purpose we plan to extend the network covering the entire ionosphere over Japan in the near future. In the presentation, we will give a brief introduction to the experiments and online database, and then discuss the future direction of the studies of atmosphere, ionosphere and magnetosphere using the HF Doppler sounding in a framework of international collaborations.

キーワード：短波ドップラー観測、電離圏
Keywords: HF Doppler experiment, Ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

コンビーナ:海老原 祐輔(京都大学生存圏研究所)、Danny Summers(Memorial University of Newfoundland)、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、齊藤 慎司(名古屋大学　大学院理学研究科)、座長:Danny Summers、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

13:45 ~ 14:05

[PEM13-01] Developing an improved understanding of Earth’s outer radiation belt electrons with combined observations from Van Allen Probes, MMS, and Arase

★Invited Papers

*Drew L Turner[1]、Ian Cohen[2]、Alexander Boyd[1,3]、Joseph Fennell[1]、Geoff Reeves[3]、Yoshizumi Miyoshi[4] (1.Aerospace Corporation El Segundo、2.Johns Hopkins University Applied Physics Lab、3.Los Alamos National Laboratory、4.Nagoya University)

14:05 ~ 14:25

[PEM13-02] Recent results from Van Allen Probes and future prospects from the CeREs Cubesat

★Invited Papers

*Shrikanth G Kanekal[1]、Daniel N Baker[2]、Ashley Greeley[1]、Lauren Blum[1]、Quintin Schiller[1]、David G Sibeck[1]、Hong Zhao[2]、Xinlin Li[2]、Allison Jaynes[3] (1.NASA Goddard Space Flight Center、2.LASP, University of Colorado, Boulder、3.Univeristy of Iowa)

14:25 ~ 14:40

[PEM13-03] Optimal Use of Time Lags Between MMS Spacecraft : Application to the Estimation of Wave-Vectors

*Gerard Marcel CHANTEUR[1,2,3]、Drew L. Turner、Olivier Le Contel[1,2,3]、Alessandro Retino[1,2,3]、Laurent Mirioni[1,2,3] (1.CNRS、2.SORBONNE UNIVERSITE、3.ECOLE POLYTECHNIQUE)

14:40 ~ 14:55

[PEM13-04] Conjugate observation of EMIC waves by Arase and RBSP with associated POES and AARDDVARK detected electron precipitation

*Aaron T. Hendry[1]、Ondrej Santolik[1,2]、Yoshizumi Miyoshi[3]、Yoshiya Kasahara[4]、Yasumasa Kasaba[5]、Ayako Matsuoka[6]、Craig J Rodger[7]、Mark Clilverd[8]、Masafumi Shoji[3]、Shoya Matsuda[6]、Craig Kletzing[9]、Iku Shinohara[6] (1.Dept. of Space Physics, Inst. of Atmospheric Physics, Czech Acad. of Science、2.Fac. of Mathematics and Physics, Charles Univ.、3.Inst. for Space Earth Environmental Research, Nagoya Univ.、4.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa Univ.、5.Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku Univ.、6.Inst. of Space and Astronautical

Science, Japan Aerospace Exploration Agency、7.Dept. of Physics, Univ. of Otago、8.British Antarctic Survey (NERC)、9.Dept. of Physics and Astronomy, Univ. of Iowa)

14:55 ~ 15:10

[PEM13-05] Over-darkening pulsating aurora: simultaneous observations with Arase and an all-sky camera in Scandinavia

*細川 敬祐[1]、三好 由純[2]、大山 伸一郎[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、尾崎 光紀[4]、笠羽 康正[5]、八木谷 聡[4]、松田 昇也[6]、土屋 史紀[5]、熊本 篤志[5]、篠原 育[6]、藤井 良一[7] (1.電気通信大学大学院情報理工学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所、3.国立極地研究所、4.金沢大学、5.東北大学、6.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、7.情報・システム研究機構)

15:10 ~ 15:15

Discussion

Developing an improved understanding of Earth’s outer radiation belt electrons with combined observations from Van Allen Probes, MMS, and Arase

*Drew L Turner[1], Ian Cohen[2], Alexander Boyd[1,3], Joseph Fennell[1], Geoff Reeves[3], Yoshizumi Miyoshi[4]

1. Aerospace Corporation El Segundo, 2. Johns Hopkins University Applied Physics Lab, 3. Los Alamos National Laboratory, 4. Nagoya University

In this presentation, we focus on two aspects of Earth’s outer radiation belt electrons: acceleration due to interactions with whistler-mode chorus waves and losses due to magnetopause incursions and outward radial transport. Using a combination of energetic electron intensities and wave data from NASA’s Van Allen Probes and MMS missions plus JAXA’s Arase (ERG) mission, we evaluate evidence of local acceleration and losses to outward radial transport based on phase space density and multipoint wave analysis. A telltale sign of local acceleration due to interactions between 100s of keV electrons and chorus waves within the heart of the outer radiation belt is a growing peak in electron phase space density for those energies and pitch angles affected by the acceleration. Sometimes that peak in phase space density might occur beyond the apogee of the Van Allen Probes orbit, but MMS and Arase data can be used to disambiguate dominant acceleration processes for such cases. Losses to the magnetopause and from outward radial transport also result in distinct features in the time history of radial distributions of electron phase space density. Again, with their apogees extending to higher L-shells (including into the magnetosheath for MMS), MMS and Arase can supplement the Van Allen Probes dataset by directly observing evidence of these processes beyond Van Allen Probes apogee. In this presentation, we showcase several examples of these processes using multipoint data from these missions.

Keywords: Radiation belts, Relativistic electrons, Wave-particle interactions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Recent results from Van Allen Probes and future prospects from the CeREs Cubesat

*Shrikanth G Kanekal[1], Daniel N Baker[2], Ashley Greeley[1], Lauren Blum[1], Quintin Schiller[1], David G Sibeck[1], Hong Zhao[2], Xinlin Li[2], Allison Jaynes[3]

1. NASA Goddard Space Flight Center, 2. LASP, University of Colorado, Boulder, 3. Univeristy of Iowa

The Van Allen Probes mission, since its launch in August 2012 has advanced our understanding of fundamental questions regarding the acceleration and loss of outer Van Allen belt electron populations. Electron dynamics in the outer radiation belt are driven by a number of physical processes, which affect low energy cold plasma to relativistic and ultra-relativistic particle populations. I will present recent results from Van Allen Probes mission focusing on the energetic electron dynamics. I will also discuss the significant role of CubeSats that may lead to a paradigm shift in the way space-based observations are carried out, e.g., by enabling multipoint observations. I am currently leading a CubeSat mission, CeREs, the Compact Radiation belt Explorer, CeREs that was launched December 2018 and is currently in the commissioning phase. CeREs will provide high quality measurements of radiation belt electrons, especially microbursts.

Keywords: Radiation belts, CubeSat, energetic electrons

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optimal Use of Time Lags Between MMS Spacecraft : Application to the Estimation of Wave-Vectors

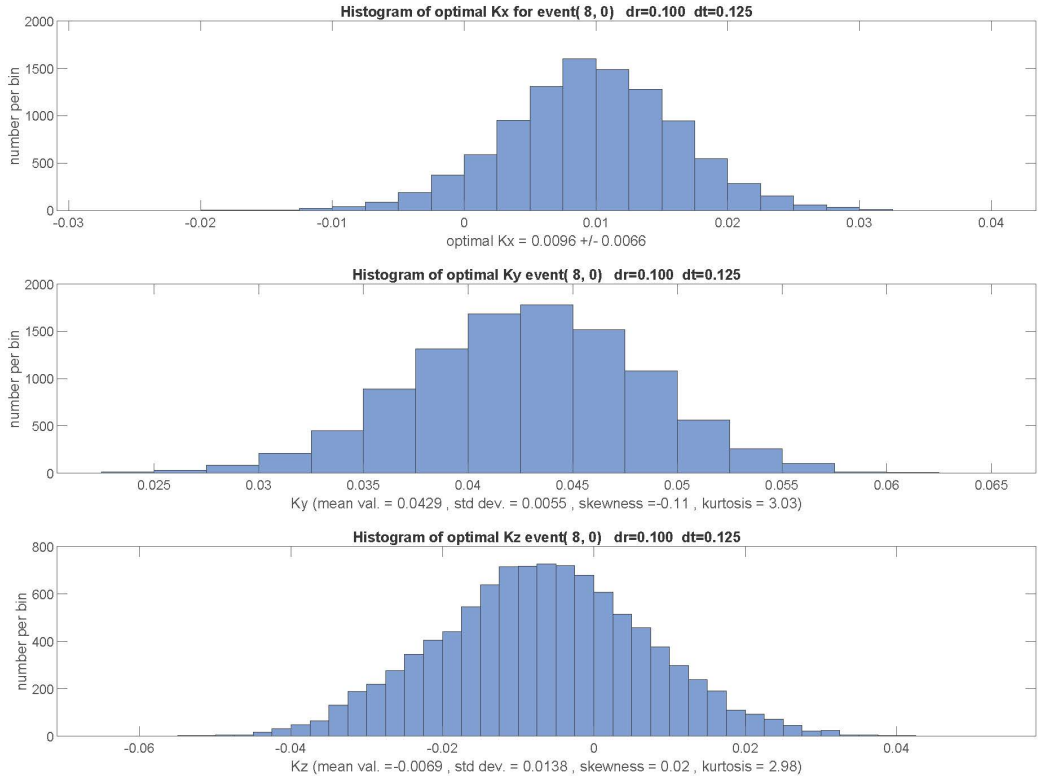
*Gerard Marcel CHANTEUR[1,2,3], Drew L. Turner, Olivier Le Contel[1,2,3], Alessandro Retino[1,2,3], Laurent Mirioni[1,2,3]

1. CNRS, 2. SORBONNE UNIVERSITE, 3. ECOLE POLYTECHNIQUE

Turner et al. (2017) made use of cross-correlations of SCM quasi monochromatic data between pairs of MMS spacecraft to estimate phase lags and to derive wave vectors of whistler mode chorus elements in the inner magnetosphere. A new approach has been developped to revisite this study. For a cluster of four spacecraft there are six pairs of spacecraft, each one giving raise to a scalar equation relating the vector position **R** from the first to the second spacecraft, the wave vector **K** and the phase lag $\Delta\phi$: **R.K**=$\Delta\phi$. A positive weight is attributed to each equation (w_j, j=1 to 6). A statistical ensemble of 6-uplets is built and we look for the 6-uplet giving the lowest condition number of matrix **M**. This procedure warrants the best accuracy of the pseudo-inverse of **M** and hence the best estimate of the wave vector **K**. Adding random perturbations to M and $\Delta\phi$ the procedure allows to estimate the uncertainties on **K.**

Turner, D. L. et al. JGR Space Physics, https://doi.org/10.1002/2017JA024474

Keywords: multi-spacecraft missions, MMS, field analysis, wave vectors, phase shifts



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Conjugate observation of EMIC waves by Arase and RBSP with associated POES and AARDDVARK detected electron precipitation

*Aaron T. Hendry[1], Ondrej Santolik[1,2], Yoshizumi Miyoshi[3], Yoshiya Kasahara[4], Yasumasa Kasaba[5], Ayako Matsuoka[6], Craig J Rodger[7], Mark Clilverd[8], Masafumi Shoji[3], Shoya Matsuda[6], Craig Kletzing[9], Iku Shinohara[6]

1. Dept. of Space Physics, Inst. of Atmospheric Physics, Czech Acad. of Science, 2. Fac. of Mathematics and Physics, Charles Univ., 3. Inst. for Space Earth Environmental Research, Nagoya Univ., 4. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa Univ., 5. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Tohoku Univ., 6. Inst. of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, 7. Dept. of Physics, Univ. of Otago, 8. British Antarctic Survey (NERC), 9. Dept. of Physics and Astronomy, Univ. of Iowa

We present a remarkable case study of strong EMIC wave emissions observed simultaneously by instruments on board the ARASE and RBSP-B satellites, as well as by ground-based observatories, during a period of significant geomagnetic activity. These waves coincided with strong substorm activity (AE>1000 nT) during a southward IMF Bz shift, corresponding to the initial phase of an intense geomagnetic storm (peak Dst < -170 nT). At the time of this observation, the ARASE and RBSP-B satellites were co-located in L and MLT, showing simultaneous observation of the same wave emission, but were significantly separated in magnetic latitude. This separation allows us to examine the evolution of the wave parameters as the wave propagates down the field-line to the Earth.

During this period of wave activity, we also see evidence of energetic electron precipitation into the ionosphere. At the time of the RBSP and ARASE observations, the POES METOP-02 satellite passed through the footprint of the source region and observed bursts of energetic ion and electron precipitation into the ionosphere, matching known signatures of EMIC-driven particle precipitation. This precipitation was then in turn observed from the ground as AARDDVARK-detected sub-ionospheric VLF perturbations. Through analysis of these ground-based observations, we are able to estimate the extent of the EMIC source region.

Keywords: Arase, Van Allen Probes, EMIC, Wave-particle interactions, AARDDVARK

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Over-darkening pulsating aurora: simultaneous observations with Arase and an all-sky camera in Scandinavia

*細川 敬祐[1]、三好 由純[2]、大山 伸一郎[2]、小川 泰信[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、尾崎 光紀[4]、笠羽 康正[5]、八木谷 聡[4]、松田 昇也[6]、土屋 史紀[5]、熊本 篤志[5]、篠原 育[6]、藤井 良一[7]
*Keisuke Hosokawa[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Shin-ichiro Oyama[2], Yasunobu Ogawa[3], Satoshi Kurita[2], Yoshiya Kasahara[4], Mitsunori Ozaki[4], Yasumasa Kasaba[5], Satoshi Yagitani[4], Shoya Matsuda[6], Fuminori Tsuchiya[5], Atsushi Kumamoto[5], Iku Shinohara[6], Ryoichi Fujii[7]

1. 電気通信大学大学院情報理工学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、3. 国立極地研究所、4. 金沢大学、5. 東北大学、6. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、7. 情報・システム研究機構
1. Department of Communication Engineering and Informatics, University of Electro-Communications, 2. ISEE, Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Kanazawa University, 5. Tohoku University, 6. ISAS/JAXA, 7. Research Organization of Information and Systems

Pulsating aurora (PsA) is one of the major classes of aurora often seen in the lower latitude part of the auroral region in the morning side. PsAs are characterized by quasi-periodic variations in the optical intensity whose period typically ranges from a few to a few tens of second. Coordinated ground/satellite observations in the last decade demonstrated that the main optical pulsation well correlates with the intensity modulation of whistler mode chorus waves in the magnetosphere. Recent analyses of high time resolution ground-based optical observations have reported that the brightness of PsA decreases below the diffuse background immediately after the ON phase of the main pulsation. To date, however, the generation mechanism of such “over-darkening PsA” is still unclarified. In this paper, we investigate the characteristics of the over-darkening PsA by using simultaneous observations of PsA with an EMCCD all-sky camera in Sodankylä, Finland (67°N, 26°E, 64°MLAT) and the Arase satellite. The EMCCD all-sky camera captures auroral emission with a temporal resolution of 100 Hz. We make use of data from the PWE/OFA instrument to analyse the temporal variation of chorus wave as a source of PsA. During one of the conjunction events in Scandinavia on March 29, 2017, almost all the PsA pulses showed clear over-darkening characteristics. By analysing the 2D all-sky images at the times of over-darkening we identified that over-darkening areas appeared in the trailing edge of PsA patches and moved in tandem with the poleward propagating patches. It was also found that similar over-darkening characteristics were not seen in the chorus data from PWE/OFA onboard Arase located at the magnetospheric counterpart of PsA. These results indicate that the over-darkening PsA is not caused by a temporal variation of chorus at a fixed point, but is produced by a propagation of over-darkening area with PsA patches. That is, the over-darkening PsA is a spatial structure rather than a temporal variation. In the presentation, we discuss several possible scenarios that can explain the over-darkening along the edge of PsA patches.

Acknowledgement: The operation of the EMCCD camera at Sodankyläh as been supported by Sodankylä Geophysical Observatory (SGO).

キーワード：脈動オーロラ、コーラス波動
Keywords: Pulsating Aurora, Chorus Waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-EM 太陽地球系科学・宇宙電磁気学・宇宙環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A04 東京ベイ幕張ホール

[P-EM13] 内部磁気圏

コンビーナ:海老原 祐輔(京都大学生存圏研究所)、Danny Summers(Memorial University of Newfoundland)、三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、齊藤 慎司(名古屋大学　大学院理学研究科)、座長:三好 由純(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、Danny Summers

The inner magnetosphere is characterized by the dominance of intrinsic dipolar Earth's magnetic field. The dipolar magnetic field traps charged particles, resulting in the formation of unique particle environment known as the plasmasphere, the ring current, and the radiation belt. The inner magnetosphere is always changing because of incoming energy from the outer magnetosphere and the ionosphere in the forms of particles and electromagnetic fields. In the inner magnetosphere, the particle energy is transferred to the field energy, and vice versa. The mutual coupling between particles and fields also makes the inner magnetosphere unique. The outgoing energy to these regions is also known to be significant, such as precipitation into the upper atmosphere and sub-auroral disturbances. A number of satellites (e.g., DMSP, NOAA, Geotail, Cluster, THEMIS, Van Allen Probes, MMS, and Arase), ground-based instruments (e.g., SuperDARN and EISCAT radars, magnetometers, and cameras), and numerical simulations (e.g., global particle simulation, PIC simulation, and hybrid simulation) have successfully surveyed the inner magnetosphere, which deepen our knowledge significantly. USAF DSX, UCLA Elfin and NASA CeRES will be launched soon, being expected to provide important information. We solicit papers describing recent results on the inner magnetosphere and/or its coupling with the other regions, including the ionosphere and the outer magnetosphere.

15:30 ~ 15:50

[PEM13-06] Deformation of electron pitch angle distributions caused by chorus waves observed by the Arase satellite

★Invited Papers

*栗田 怜[1]、三好 由純[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、篠原 育[5] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.東京大学、3.大阪大学理学研究科、4.金沢大学総合メディア基盤センター、5.宇宙科学研究所)

15:50 ~ 16:10

[PEM13-07] Electron scattering by isolated chorus elements observed near the magnetospheric equator

★Invited Papers

*笠原 慧[1]、三好 由純[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、桂華 邦裕[1]、堀 智昭[2]、篠原 育[5] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.大阪大学、4.金沢大学、5.宇宙科学研究所)

16:10 ~ 16:25

[PEM13-08] れいめい衛星データによる脈動オーロラに関連した低エネルギー電子バンド状降下現象

*坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、三好 由純[2]、海老原 祐輔[3]、浅村 和史[4]、平原 聖文[2] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2.名古屋大学太陽地球環境研究所、3.京都大学生存圏研究所、4.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

16:25 ~ 16:40

[PEM13-09] Origin of energetic electron precipitation with fast fluctuation: Data-driven simulations using the ERG plasma wave observations

*齊藤 慎司[1]、三好 由純[2]、松田 昇也[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[5]、松岡 彩子[3] (1.名古屋大学　大学院理学研究科、2.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3.宇宙科学研究所、4.金沢大学、5.東北大学)

16:40 ~ 16:55

[PEM13-10] Conjugated quasi-periodic ELF/VLF emissions between the Arase satellite and both Van Allen Probes

*Claudia Martinez Calderon[1,2]、Frantisek Nemec[3]、Kazuo Shiokawa[2]、Yuto Katoh[1]、Yoshiya Kasahara[4]、Shoya Matsuda[2]、Fuminori Tsuchiya[1]、Atsushi Kumamoto[1]、Mariko Teramoto[2]、Ayako Matsuoka[5]、Yoshizumi Miyoshi[2]、Ondrej Santolik[6,3]、George Hospodarksy[7] (1.Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku University、2.Instute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3.Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic、4.Kanazawa University、5.Japan Aerospace Exploration Agency、6.Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic、7.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, USA)

16:55 ~ 17:00

Discussion

Deformation of electron pitch angle distributions caused by chorus waves observed by the Arase satellite

*栗田 怜[1]、三好 由純[1]、笠原 慧[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、篠原 育[5]
*Satoshi Kurita[1], Yoshizumi Miyoshi[1], Satoshi Kasahara[2], Shoichiro Yokota[3], Yoshiya Kasahara[4], Shoya Matsuda[5], Ayako Matsuoka[5], Iku Shinohara[5]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 東京大学、3. 大阪大学理学研究科、4. 金沢大学総合メディア基盤センター、5. 宇宙科学研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. The University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Osaka University, 4. Information Media Center, Kanazawa University, 5. ISAS/JAXA

We report on deformation of electron pitch angle distributions associated with chorus waves observed by the Arase satellite. The deformation is characterized by flux increase of 17-30 keV electrons in a narrow and oblique pitch angle range and by flux decrease in 7-17 keV electron flux in the smaller pitch angle range than the flux increase. Comparison of change in electron pitch angle distributions with resonant ellipses of the upper band chorus shows that the deformation appears where effective wave-particle interaction is expected in the velocity space, and the flux increase takes place along the resonant ellipse of the upper frequency of the wave. This strongly suggests that the deformation is a consequence of wave-particle interactions between electrons and upper band chorus. The Arase observation demonstrates that the deformation occurs within 30 s, which is faster than expected from the quasi-linear diffusion theory.

キーワード：あらせ衛星、コーラス、電子加速
Keywords: ERG/Arase satellite, Chorus waves, Acceleration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron scattering by isolated chorus elements observed near the magnetospheric equator

*笠原 慧[1]、三好 由純[2]、横田 勝一郎[3]、笠原 禎也[4]、松田 昇也[5]、松岡 彩子[5]、桂華 邦裕[1]、堀 智昭[2]、篠原 育[5]
*Satoshi Kasahara[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Shoichiro Yokota[3], Yoshiya Kasahara[4], Shoya Matsuda[5], Ayako Matsuoka[5], Kunihiro Keika[1], Tomoaki Hori[2], Iku Shinohara[5]

1. 東京大学、2. 名古屋大学、3. 大阪大学、4. 金沢大学、5. 宇宙科学研究所
1. The university of Tokyo, 2. Nagoya University, 3. Osaka University, 4. Kanazawa University, 5. Institute of Space and Astronautical Science

Theories have predicted significant pitch angle scattering of electron by chorus waves via cyclotron resonance, resulting in electron precipitation into the atmosphere and consequent auroral illumination. Recent observations of chorus waves at the equator, in conjunction with ground observations, have indicated that even a single chorus element can cause sufficient electron scattering causing auroral flashing. Here we report more direct, in-situ evidence that electrons are indeed scattered into the loss cone up to strong diffusion, by an isolated chorus element. We discuss the scattering rate based on the observed parameters.

キーワード：ピッチ角散乱、コーラス波動
Keywords: electron scattering, chorus waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れいめい衛星データによる脈動オーロラに関連した低エネルギー電子バンド状降下現象

Continuous precipitation of low-energy electrons associated with pulsating aurora obtained by the Reimei satellite

*坂野井 健[1]、吹澤 瑞貴[1]、三好 由純[2]、海老原 祐輔[3]、浅村 和史[4]、平原 聖文[2]
*Takeshi Sakanoi[1], Fukizawa Mizuki[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Yusuke Ebihara[3], Kazushi Asamura[4], Masafumi Hirahara[2]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター、2. 名古屋大学太陽地球環境研究所、3. 京都大学生存圏研究所、4. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. ISEE, Nagoya University, 3. RISH, Kyoto University, 4. ISAS/JAXA

We report the results of event and statistical analyses on continuous precipitation of low-energy electrons associated with pulsating aurora using the data taken by the Reimei satellite. From recent data obtained with a magnetospheric satellite like Arase, it is widely supported that chorus waves interact with plasma sheet electrons that produce diffuse aurora mainly in the post-midnight to morning sectors. In addition, temporal (a few Hz) variation of lower band chorus waves cause modulation of pitch-angle scattering of keV-range electrons that generate pulsating aurora in the ionosphere. On the other hand, such temporal variation is not commonly seen in upper band chorus and electrostatic electron cyclotron harmonic (ECH) waves that expected to interact with lower-energy electrons. However, the characteristics of such low-energy electrons and their relationship to pulsating aurora are not understood.
Reimei is a polar-orbiting sun-synchronous satellite at an altitude of 650 km and obtained simultaneous image and particle data with high-time and spatial resolutions. Thanks to its orbit, Reimei covers wide L-value ranges and measures velocity-dispersed electrons travelling from magnetospheric source region to ionosphere. Miyoshi et al. [2015] showed an event that Reimei observed continuous precipitation of low-energy electrons (mainly in the energy range of hundreds eV) in addition to high energy (more than a few keV) temporal electrons that caused pulsating auroral emission. Here, we investigated the characteristics and generation mechanism of continuous low-energy electron precipitation using all of the electron data (5150 paths) taken by Reimei/ESA from November 2005 to August 2008, and compared the data with simulation results. Event selection criteria are 1) existence of continuous precipitation of low-energy electrons below a few keV range, and 2) high-energy (more than a few keV) electrons that distinguished from the continuous low-energy electrons. We also examined simultaneous auroral image data obtained with Reimei/MAC. Using the criteria, we found 155 events of continuous low-energy electron band. From statistical analysis, the continuous low-energy electron evens occurred in 11 % of total observation paths in the nightside sector, while temporal precipitation of high-energy electrons that produced pulsating aurora appeared in 36 % of total observation paths in the nightside sector. From event analysis for several cases, we found in most cases that energy of continuous low-energy electrons increased from ~200 eV to a few keV as the latitude decreased. However, the electron energy decreased near the lower boundary of plasma sheet. In some cases, multiple electron band structures were seen in the low-latitude region. To understand the characteristics and mechanisms of continuous precipitation of low-energy electrons, we carried out simulations of electron pitch angle scattering with chorus waves and ECH waves, respectively. For the simulation of ECH wave resonance, we calculated wavenumber at ECH wave frequency (e.g., 1.6 fce(cyclotron frequency)) based on the Bernstein mode dispersion relation, and estimated electron energy by the cyclotron resonance equation assuming the electron density with GCPM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

model and magnetic field with IGRF model. From the comparison between the Reimei data with simulation results, we suggest that latitudinal dependence of low-energy electrons can probably be explained with the chorus wave resonance. The decrease of electron energy near the low-latitude boundary is likely to be caused with decrease of plasma density outside of the plamsapause. On the other hand, we showed the possibility for some cases that low-energy electron precipitations were generated by ECH waves.

キーワード：脈動オーロラ、内部磁気圏、れいめい
Keywords: pulsating aurora, inner magnetosphere, Reimei

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of energetic electron precipitation with fast fluctuation: Data-driven simulations using the ERG plasma wave observations

*齊藤 慎司[1]、三好 由純[2]、松田 昇也[3]、栗田 怜[2]、笠原 禎也[4]、熊本 篤志[5]、土屋 史紀[5]、松岡 彩子[3]
*Shinji Saito[1], Yoshizumi Miyoshi[2], Shoya Matsuda[3], Satoshi Kurita[2], Yoshiya Kasahara[4], Atsushi Kumamoto[5], Fuminori Tsuchiya[5], Ayako Matsuoka[3]

1. 名古屋大学　大学院理学研究科、2. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、3. 宇宙科学研究所、4. 金沢大学、5. 東北大学
1. Graduate School of Science, Nagoya University, 2. ISEE, Nagoya University , 3. ISAS/JAXA, 4. Kanazawa University, 5. Tohoku University

Bursty precipitation of keV electrons can be a source of pulsating aurora which has quasi-periodic on-off switching of luminosity. On the other hand, relativistic electrons also precipitate into the atmosphere with intermittent and bursty nature, which are observed as relativistic electron microbursts. A common cause of the electron bursty precipitation for the pulsating aurora and for the microbursts is expected to be whistler chorus waves propagating along a field line.
In this study, we demonstrate electron precipitation caused by realistic whistler chorus waves using our newly developed test-particle model, GEMSIS-RBW-II simulation code. Wave form data obtained from ERG satellite are applied to the simulation model as a boundary condition at the magnetic equator. The simulation shows that the whistler chorus waves propagating to high magnetic latitudes along the field line can precipitate electrons with energy from keV to MeV. We found that amplitude modulation of a whistler chorus burst observed by ERG causes over ten Hz modulation of keV electron precipitation. At relativistic energies fluctuation with higher frequencies and bursty/intermittent nature appear in time history of precipitation flux. It suggests that whistler chorus bursts can cause electron precipitation associated with pulsating aurora and relativistic electron microbursts.

キーワード：脈動オーロラ、相対論的電子マイクロバースト、ホイッスラー・コーラス・バースト、データ駆動型テスト粒子シミュレーション、あらせ衛星
Keywords: Pulsating Aurora, Relativistic electron microbursts, Whistler chorus bursts, Data-driven test-particle simulation, ERG

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Conjugated quasi-periodic ELF/VLF emissions between the Arase satellite and both Van Allen Probes

*Claudia Martinez Calderon[1,2], Frantisek Nemec[3], Kazuo Shiokawa[2], Yuto Katoh[1], Yoshiya Kasahara[4], Shoya Matsuda[2], Fuminori Tsuchiya[1], Atsushi Kumamoto[1], Mariko Teramoto[2], Ayako Matsuoka[5], Yoshizumi Miyoshi[2], Ondrej Santolik[6,3], George Hospodarksy[7]

1. Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku University, 2. Instute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic, 4. Kanazawa University, 5. Japan Aerospace Exploration Agency, 6. Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic, 7. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, USA

Extremely Low (ELF) and Very Low Frequency (VLF) emissions are naturally occurring magnetospheric plasma waves in the frequencies of 3 Hz to 30 kHz. They play a fundamental role in radiation belt dynamics, accelerating or scattering electrons through wave-particle interactions. We report the first quasi-periodic (QP) emission simultaneously observed by the Arase (ERG) satellite and both Van Allen Probes (RBSP). This is one of few known conjugated satellite events where the waves show very similar spectral and temporal features. The event was observed on November 29, 2018 from approximately 11 to 13:30 UT by both RBSP, while ERG observed it from 12 to 14 UT. Using wave analysis, propagation parameters, and intensities simultaneously measured at several locations we will discuss the approximate location of the source region. We will also discuss the eventual timing differences between QP periodicity at different locations. Some slight variation in the spectral shapes is observed. We will discuss possible relationships with the variations of plasma number density, magnetic field, and energetic electron distribution.

Keywords: conjugated event, VLF, QP, Arase, RBSP, plasma waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)

Impact phenomena had played essential roles in the process of planetary evolution. Recent analytical and experimental developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process for planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, and to compare them with the results on the planetary materials experienced a wide range of known shock conditions. Several metastable phases, that have not been known before, have recently been identified in shocked meteorites. They suggest that the shock state is often not in equilibrium and that it is more complicated process than ever thought. Experimental techniques including laser-driven shock compression and x-ray free electron laser diagnostics have been progressed to successfully simulate a wide range of shock conditions. The recent results indicate that shocked grains are fractured and rotated at relatively low pressures, and that they are subsequently transformed into denser phases or melts, or their mixtures at pressures of a few 100s GPa. Understanding of such shock dynamics requires another prospect, which is qualitatively different from the static high pressure and high temperature consensus. Therefore, it is timely to have an international symposium on dynamics of planetary materials.

[PCG22-P01] 議論

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

[PCG22-P02] Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、籔内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6] (1.広島大学、2.高輝度光科学研究センター、3.神戸大学、4.大阪大学、5.北京高 科学研究中心、6.理化学研究所)

[PCG22-P04] **Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Norimasa Ozaki[2]、Takayoshi Sano[3]、Yuhei Umeda[2]、Shintaro Morioka[2]、Nobuki Kamimura[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Graduate School of Engineering, Osaka University、3.Institute of Laser Engineering, Osaka University)

[PCG22-P05] Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1] (1.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P06] Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2] (1.HPSTAR、2.熊本大学)

[PCG22-P07] Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2] (1.金沢大学、2.熊本大学)

[PCG22-P08] First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1]、Pak Kin Leong[1]、Toshimori Sekine[2,3] (1.State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China、3.Graduate School of Engineering, Osaka University)

[PCG22-P09] Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学、2.大阪大学　レーザー科学研究所)

[PCG22-P10] Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2] (1.東京大学、2.コペンハーゲン大学)

[PCG22-P11] 高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P12] Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.大阪大光科学センター、3.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P13] Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2] (1.筑波大学、2.高エネルギー加速器研究機構、3.自治医科大学、4.熊本大学)

議論
discussion

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2]
*Takuo Okuchi[1], Toshimori Sekine[2]

1. 岡山大学惑星物質研究所、2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research

We discuss natural and experimendal evidences on impact phenomena, which had played essential roles in the process of early planetary evolution. Recent analytical and experimenotal developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process of planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, as well as to compare them with the results of shock-compression experiments of these materials obtained at laboratory conditions.

キーワード：議論
Keywords: discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、籔内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6]
*Tomoko Sato[1], Yoshinori Tange[2], Yusuke Seto[3], Toshimori Sekine[4,5], Norimasa Ozaki[4], Toyohito Nishikawa[4], Kohei Miyanishi[4], Kensuke Matsuoka[4], Ryosuke Kodama[4], Tadashi Togashi[2], Yuichi Inubushi[2], Toshinori Yabuuchi[6], Makina Yabashi[6]

1. 広島大学、2. 高輝度光科学研究センター、3. 神戸大学、4. 大阪大学、5. 北京高科学研究中心、6. 理化学研究所
1. Hiroshima University, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 3. Kobe University, 4. Osaka University, 5. Center for High Pressure Science &Technology Advanced Research, 6. RIKEN

We have conducted x-ray diffraction measurement (XRD) with femtosecond x-ray pulses generated by the x-ray free electron laser (XFEL) to observe lattice dynamics and phase transformation of single-crystal quartz under high strain-rate shock compression (~10^9 s^{-1}) and high pressure. Single-crystal quartz samples were shock-compressed by high-power short- and long-pulse lasers. In the short-pulse experiments, the lattice was reduced to 15% and 1.5% in the direction parallel and perpendicular to the compression axis, respectively. The sample was uniaxially compressed over its known Hugoniot elastic limit. In the long-pulse experiments, three different states were observed. Polycrystalline stishovite appeared at first, and elastically compressed state and a topotaxially transformed new phase were observed successively.

キーワード：Shock compression、in-situ X-ray diffraction、quartz
Keywords: Shock compression, in-situ X-ray diffraction, quartz

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals

*Narangoo Purevjav[1], Takuo Okuchi[1], Norimasa Ozaki[2], Takayoshi Sano[3], Yuhei Umeda[2], Shintaro Morioka[2], Nobuki Kamimura[2]

1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Graduate School of Engineering, Osaka University, 3. Institute of Laser Engineering, Osaka University

Mg_2SiO_4 polymorphs (α-phase as forsterite, β-phase as wadsleyite, and γ-phase as ringwoodite) are the major constituents of our Earth's mantle and also for Earth-like planets. Thus studying these polymorphs at extreme pressure and temperature conditions will lead to understanding their changes of chemical and physical properties at extremely high pressure and temperature conditions, such as those occurring during the giant impacts phenomena of such planets at their final stage of accretion. Shock compression of forsterite has been studied up to ~ 1000 GPa by using polycrystalline and single crystal samples [1-3]. The studies have reported contradicting results for the shock compression of forsterite. Sekine et al (2016) reported that there are several phase transformations in the liquid state of Mg_2SiO_4 at > 270 GPa, while other two studies were reported no phase transformation [1, 3]. Thus it is interesting to see how the Hugonoit relations of Mg_2SiO_4 polymorphs will come up at different pressure and temperature conditions. However, Hugoniot relations of wadsleyite and ringwoodite have not been studied well. Especially, there is any data on the densest polymorph ringwoodite. Shock compression of wadsleyite was carried out up to 200 GPa by using polycrystalline samples [4]. In addition, there are no studies by using single crystal samples for both wadsleyite and ringwoodite. To newly conduct such studies, the denser polymorph of Mg_2SiO_4 are needed to be synthesized and grown at their relevant conditions of deep mantle corresponding to the 15 –21 GPa and 1000 –1500 ˚C in the laboratory. Most importantly, the synthesized minerals must be chemically, physically and optically homogenous and should have suitable sizes for the laser-shock experiments. Here, by utilizing the results of our previous efforts for growing such quality of single crystals, we made possible to obtain Hugoniot relation of wadsleyite and ringwoodite by laser-shock compression. Their crystals were synthesized and grown by using a scaled-up Kawai-type cell by together with applying our pre-established a slow-cooling method at their relevant conditions [5]. Recovered crystals were up to 1 mm in sizes and confirmed to be chemically homogenous and free from twinning, cracks, and inclusions. The crystals were then doubly polished separately down to 100 mm in thickness and with an area of > 500 mm. They were assembled to form targets which are optimized for the laser-shock experiments. laser-shock experiments at GEKKO XII were conducted at Institute of Laser Engineering, Osaka University. The crystals are optical to give very clean VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector) images. The details of our technical developments will be discussed on the poster.

[1] Root, T., Townsend, J. L., Davies, E., Lemke, R. W., Bliss, D. E., Fratanduono, D. E., et al. (2018). *Geophys. Res. Lett.*, **45**:3865. [2] Sekine, T., Ozaki, N., Miyanishi, K., Asaumi, Y., Kimura, T., Albertazzi, B. et al. (2016). *Sci. Adv.*, **2**:e1600157. [3] Bolis, R. M., Morard, G., Vinci, T., Ravasio, A., Bambrink, E. et al. (2016). *Geophys. Res. Lett.*, **43**:9475. [4] Mosenfelder, J. L., Asimow, P. D. and Ahrens, T. J. (2007). *J. Geophys. Res.*, **112**:B06208. [5] Okuchi, T., Purevjav, N., Tomioka, N., Lin, J. F., Kuribayashi, T. et al. (2015). *Am. Mineral.*, **100**:1483.

Keywords: laser-shock compression, Mg2SiO4 polymorphs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1]
*Takayoshi Sano[1]

1. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Institute of Laser Engineering, Osaka University

Richtmyer-Meshkov instability (RMI) is a hydrodynamic interfacial instability, which occurs by the interaction between a shock wave and corrugated density jump. Because of the corrugation of the interface, the surface profiles of the transmitted and reflected shocks are also rippled. The RMI is driven by the vorticity left by these rippled shocks at the interface and in the fluid. In this study, we consider shock propagation in inhomogeneous density materials (e.g., uniform density materials with small round voids) and the turbulent growth of the interface. For these cases, the vorticity distribution and turbulent motion are much more complicated than the standard RMI cases. Then the spatial fluctuation of pressure or temperature could be significantly large after the shock passage. Using two-dimensional hydrodynamic simulations, we will examine the dependence of the pressure fluctuation on the density inhomogeneity. As the application of this numerical study, we will discuss about the shock propagation in meteorites with large density fluctuation.

キーワード：衝撃波、リヒトマイヤーメシュコフ不安定
Keywords: shock waves, Richtmyer-Meshkov instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2]
*Tsubasa Tobase[1], Toshimori Sekine[1], Ginga Kitahara[2], Makoto Tokuda[2], Akira Yoshiasa[2], Makoto Takafuji[2], Tsutomu Mashimo[2], Nobuaki Kawai[2]

1. HPSTAR、2. 熊本大学
1. HPSTAR, 2. Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

Hydrous minerals have been known to play an important role to preserve and carry water because a mechanism is required for water to reach the inner planets such as Earth far beyond the snow line that defines the boundary between water ice and vapor. In order to understand the detailes, we need to know the stability at high temperature and high pressure and impact resistance for possible hydrous minerals. Fe- and Al-hydrates (FeOOH and AlOOH) have been reported to be stable under static high temperature and static high pressure. In addition, they are observed in some meteorites and the surface on Mars. Although there are some data available on clay minerals and serpentine, those Fe- and Al-hydrates are considered to be present in the Earth’ s deep lower mantle according to the recent studies.

We have investigated the impact resistibility through shock recovery techniques. Our peak shock pressures are 24 GPa and 31 GPa for the recovered Fe- and Al-hydrates, respectively, where they displayed significant dehydration. We set various range of sample porosity and peak shock pressure to investing the dehydration reaction. These impact conditions correspond to impact velocities of 2.6 km/s and 4.9 km/s if we assume face to face impacts between carbonaceous chondrite such as Murchison. These are within a range of velocity for possible meteoritic collisions, and we need to know the relationship between impact condition and degree of dehydration. Using TG/DTA analyses of samples we estimated the relationship. The phase changes by impact dehydration are investigated by XRD, XAFS and Raman spectroscopy. We also try to understand dynamical void formation process by dehydration that can occur during adiabatic quenching through observation of void distribution in the recovered samples.

In our previous research for shock recovery experiments of hydrous minerals, we observed heterogenous temperature rise in dehydration process. We tried to confirm whether heterogeneous temperature rise occurs even in Fe- and Al-hydrates by comparison with the results between previously reported hydrous minerals. We will be able to select most possible candidate by comparing the thermal stability and impact resistibility among them.

キーワード：衝撃回収実験、含水鉱物、動的衝撃による脱水、粉末X線回折
Keywords: Shock recovered experiments, hydrous mineral, dynamic water loss, Powder x-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2]
*Akane Arasuna[1], Masayuki Okuno[1], Nobuaki Kawai[2]

1. 金沢大学、2. 熊本大学
1. Kanazawa University, 2. Kumamoto University

Structural change of synthesized amorphous $MgSiO_3$ by shock compression up to 22.2 GPa has been investigated using XRD and IR analyses. The obtained result provides information for elucidating of the collision behavior of $MgSiO_3$ contained in cosmic dust.

Amorphous $MgSiO_3$ sample was prepared by an aqueous solution of TEOS, Magnesium Nitrate Hexahydrate, and ethanol with ammonia as a catalyst. As-prepared sample was heated at 700 C˚ to dehydrate excess water. TG curve of this sample indicated that the sample contained about 8.8 wt% of water molecules and hydroxyl groups.

A powdered heated (original) sample was put in an aluminum tubes and pressed at 20 kN for 10 minutes to obtain samples for shock compression experiment. These samples were compressed at 13.6, 17.2, and 22.2 GPa using a single-stage propellant gun at Kumamoto University.

XRD pattern of the pressed sample showed no crystalline peak as same as the original sample. However, the XRD pattern of thesample compressed at 13.6 GPa showed the weak crystalline peaks at around $2\theta =$ 28, 31, 35-36˚. These peaks became intense with increasing shock pressure. Crystalline peaks observed in the XRD pattern for the sample of 22.2 GPa were attributed to those of enstatite. However, some peaks was due to the formation of Mg_2SiO_4. IR spectra for the compressed samples showed the similar trend as the result of XRD analysis. But IR analysis indicated that the sample contains water molecules even after the shock compression at 22.2 GPa. Water molecules probably present in the remaining amorphous part. Crystallization of sample by shock compression has not been reported in shock experiments for other crystalline and non-crystalline silicates. The crystallization of our samples at low pressure may be due to the simple chain structure of enstatite. Also, high shock temperature which generated by friction due to the porosity of the sample may promote this crystallization.

キーワード：MgSiO3、非晶質、衝撃圧縮、enstatite
Keywords: MgSiO3, amorphous , shock compression, enstatite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1], Pak Kin Leong[1], Toshimori Sekine[2,3]

1. State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology, 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China, 3. Graduate School of Engineering, Osaka University

On basis of the first principle calculation, we report a possible nitrogen doped structure of $MgAl_2O_4$ spinel. The structural and electronic properties (include the band structure, density of states and phonon) of spinel ($MgAl_2O_4$) and N-doped spinel ($MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$) compounds are performed using density functional theory (DFT). The density and space group of two crystal cells are 3.47 g/cm^3 (Fd3m) for $MgAl_2O_4$ and 3.38 g/cm^3 (R3m) for $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively. The calculated direct band gaps at the Γ-point are about 5.13 eV for $MgAl_2O_4$ and 4.24 eV for $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively. The projected density of states (PDOS) shows that the tops of the valence bands are built up from ~93% of *p*(O) states and ~60% of *p*(N) + ~32% of *p*(O) states (for $MgAl_2O_4$ and $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively). In the phonon analysis, the lowest frequency of $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is redshifted to 36.6 cm^{-1} ($MgAl_2O_4$ is 39.8 cm^{-1}) caused by the N-doped. We also calculate their cohesive energy in the pressure range of 0-150 GPa. We found that the cohesive energy of $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is lower than $MgAl_2O_4$ at the pressure higher than ~115 GPa, it implies that $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is more stable than $MgAl_2O_4$ at high pressure. Finally, we suggest that nitrogen atom would replace the oxygen of spinel in the depths of the earth. The results imply the deep mantle may storage a considerable amount of nitrogen.

Keywords: First principle calculation, Density functional theory, Spinel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2]
*Kento Katagiri[1], Norimasa Ozaki[1,2], Kohei Miyanishi[2], Yuhei Umeda[1], Shintaro Morioka[1], Takayoshi Sano[2], Ryosuke Kodama[1,2]

1. 大阪大学、2. 大阪大学　レーザー科学研究所
1. Osaka University, 2. Institute of Laser Engineering, Osaka Unversity

Carbon is one of the most prominent elements in nature and it is abundant in the Earth and many other planets. Diamond, a metastable phase of carbon, is naturally synthesized in deep inside of the Earth where substances are isotropically pressured. Diamond is known for its many unique properties such as high hardness, low compressibility, small thermal expansion coefficient, and transparency. Since it is important to understand how substances behave under high pressure, properties of compressed diamond have been measured in a wide range of pressures up to 5 TPa. However, the transparency of diamond under pressure has not been fully elucidated. Here, we report the measurment of the pressure dependency of the absorption coefficient of laser shock compressed single crystalline diamond. A high-intensity laser was utilized to shock compress the diamond sample along its <100> direction, and velocity interferometer systems for any reflector (VISARs) were used to determine the absorption coefficient and pressure. It was found that single crystalline diamond remains largely transparent to the probe laser for VISAR (λ=532 nm) up to 140 GPa. The pressure dependence of the refractive index will also be discussed.

This experiment was conducted under the joint research of the Institute of Laser Engineering, Osaka University. This work was supported in part by JSPS KAKENHI grant No. 16H02246 and No. 16H01119. The part of work was also supported by Genesis Research Institute, Inc. (Konpon-ken, TOYOTA).

キーワード：衝撃圧縮、高強度レーザー、ダイヤモンド、透明度、屈折率
Keywords: Shock-compression, High intensity laser, Diamond, Transparency, Refractive index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2]
*Hideyuki Hayashi[1], Takashi Mikouchi[1], Yuji Sano[1], Martin Bizzarro[2]

1. 東京大学、2. コペンハーゲン大学
1. The university of Tokyo, 2. University of Copenhagen

Introduction: Angrite is one of the oldest basaltic achondrites in the early solar system which is depleted in volatile elements and enriched in refractory elements (e.g., Keil, 2012). Almost all angrites show either a quenched or slowly-cooled texture. The crystallization ages of quenched angrites are older (ca. 4564 Ma) than those of slowly-cooled samples (ca. 4558 Ma). One of the most striking mineralogical characteristics about angrites is the lack of shock metamorphism. Thus, quenched angrites can be good time anchors to connect absolute and relative ages, because the age differences between two systems can be ignored due to fast cooling and furthermore there is no chronological reset by shock metamorphism. However, NWA 1670 and NWA 7203 are known to show evidence for shock (Mikouchi et al., 2003; Hayashi et al., 2018), and especially we found that NWA 7203 exhibited remarkable shock metamorphic textures. The Pb-Pb dating of angrites has been done only for angrites without shock textures, indicating the obtained ages are crystallization ages. Pb-Pb age is relatively easy to be reset by shock heating. Therefore, Pb-Pb age of NWA 1670 or especially NWA 7203 may be reset by shock heating. However, there is no study which measured Pb-Pb dating of NWA 1670 or NWA 7203. In this study, we measured Pb isotopic ratios of silico-apatite in NWA 7203 by Nano-SIMS, and discussed the Pb-Pb age of NWA 7203.

Sample: We used NWA 7203 for this study. NWA 7203 is an angrite meteorite showing a quenched texture. NWA 7203 consists of a dendritic texture of olivine and anorthite, and pyroxene fills gaps of the dendrites. Grain size exhibits large variations from fine grains (~1 μm) to coarse grains (>100 μm). This is not a typical characteristic of quenched angrites. NWA 7203 is composed mainly of olivine, pyroxene and anorthite, and the accessory minerals are troilite, ulvospinel and silico-apatite.

Methods: Observation was carried out on thin sections by optical microscope and BSE images of FE-EPMA. Mineral phases were identified by micro-Raman spectroscopic analysis. Pb-Pb dating of NWA 7203 was carried out by measuring Pb isotope ratios of silico-apatites using Nano-SIMS at AORI, Univ. of Tokyo. Measurement conditions were 300 pA for primary ions and $^{16}O^-$ for ion sources. Pre-sputtering was performed for 8 minutes in the range of 10 x 10 μm. In the SIMS measurement, raster diameter of 3 x 3 μm and analysis time of 60 seconds were applied for two magnetic fields, respectively, and repeated for 30 cycles. For the standard, NIST SRM 610 was used.

Result and discussion: Pb isotopic ratios of silico-apatite in the NWA 7203 angrite were obtained. We obtained a weighted approximate straight line for each plot and found the Pb-Pb age to be 4551 ±17 Ma. These plots are relatively variable. This is probably because Pb isotopic ratios were disturbed by shock metamorphism. In fact, the Pb-Pb age of silico-apatite grains that are at least 200 μm away from the shock veins was found to be 4560 ±16 Ma. It is considered that the Pb isotopic ratios of these silico-apatite grains are relatively undisturbed as they are linearly aligned. This age coincides with the crystallization age of other quenched angrites within the error range. Takenouchi et al. (2019) measured the Ar-Ar ages of NWA 7203 and found that it has two plateau ages of 3800 ±440 Ma and 2300 ±140 Ma, and concluded that the shock metamorphism of NWA 7203 occurred at 2300 ±140 Ma. From this result,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

it is considered that the Pb-Pb age of NWA 7203 is not completely reset, but slightly disturbed.

キーワード：NWA 7203、アングライト、Pb-Pb年代、衝撃変成、母天体
Keywords: NWA 7203, Angrite, Pb-Pb dating, Shock metamorphism, Parent body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収
Shock recovery of high-pressure phase of SiO_2 using high-power laser

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2]
*Tadashi Kondo[1], Hiromoto Kengo[1], Tatsuhiro Sakaiya[1], Hidenori Terasaki[1], Keisuke Shigemori[2], Youichiro Hironaka[2]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University, 2. Institute of Laser Engineering, Osaka University

High-pressure phases in meteorites provide us the important information of shock history in natural materials. Experimental approach to reproduce such high-pressure phase have been studied intensively mainly by light-gas gun so far, though shock condition with impact velocity beyond 10km/s is difficult. Recent technical progress of high-intensity laser as a tool of shock experiment realize the recovery of samples with shock condition above 10km/s(Nagaki et al.,2016). However, the limited shock duration time of about 10 nsec has been too short to drive structural conversion to high-pressure form in single crystal sample. In this study, we explored recovery condition of high-pressure phase of SiO_2 using finely ground samples of quartz, cristobalite and fused silica as starting materials. Laser shock experiments were performed using GXII hyper laser at Institute of Laser Engineering, Osaka University. The whole sample retaining relative locations in the recovered box made of aluminum was quenched without significant scattering in each run. The sectioned sample at shocked center were examined by optical microscope, micro-focused X-ray diffraction and SEM-EDS. We will report the characteristic feature of top portion of sample, which shows layered structure with different metamorphism, and distribution of grass and stishovite phase found in the samples shocked above 100GPa, which have still a residual stress to 10GPa in the ambient condition. We will discuss the dependence of the initial state of crystal to recover the high-pressure phase in shocked samples in nsec.

キーワード：衝撃石英、高強度レーザー、回収実験
Keywords: shocked quartz, high-intensity laser, recovery experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3]
*Fukui Keiya[1], Norimasa Ozaki[1,2], Yuhei Umeda[1], Kohei Miyanishi[3], Kento Katagiri[1], Shintaro Morioka[1], Takayoshi Sano[3], Ryosuke Kodama[1,2,3]

1. 大阪大学大学院工学研究科、2. 大阪大光科学センター、3. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Graduate School of Engineering,Osaka univ., 2. PPC, Osaka Univ., 3. ILE, Osaka Univ.

Volatile substances inside planetary materialsare generated and released as gas under the extreme condition caused by collision phenomenon that is thought to contribute greatly to the formation of the planetary atmosphere [1]. Particularly the degassing reaction of carbonate, may generate CO or CO_2as greenhouse gas and affect the temperature of the planetary surface. A typical planetary mineral as carbonate of calcite ($CaCO_3$) is expected degassing above 3300 K at pressure of 150 GPa along the Hugoniot[2].
In the previous study, the experimental investigations for the shock-degassing reaction were carried out only below the impact pressure of 100 GPa. Also, we have not understood when the degassing reaction of calcite occur on a compressed state or a released state [3]
In natural, typical meteorite impacts exceed 10 km/s in impact velocity, and can generate at the pressure above 150 GPa. The purpose of this research is to understand the impact compression characteristics of calcite under the meteorite collision condition.

This experiment was conducted in Shock Drive Laser (Gekko XII) atInstitute for Laser Engineering, Osaka University. The target consists of polypropylene as an ablator aluminum as a piston, quartz as a standard material, and calcite as a sample from laser side. The impact pressures and temperatures were estimated by the measured shock wave velocity using Velocity interferometer system for any reflector (VISAR) and self-emission intensity using radiance thermometer (SOP).
As a result of this experiments, we obtained the Hugoniot date at the puressure from 200 GPa to 1 Tpa at the temperature above 5000 K. The detailed results will be shown as this presentation.
Acknowledgements

This experiment was conducted on the joint research of the Institute of Laser Engineering, Osaka University. This work was supported in part by JSPS KAKENHI grant No. 16H02246 and No. 16H01119. The part of work was also supported by Genesis Research Institute, Inc. (Konpon-ken, TOYOTA).

REFERENCES

[1] T. Matsui and Y.Abe: Nature, 319, 303 - 319 (1986).

[2] B.Ivanov and A. Deutsch: Physics of the Earth and Planetary Interiors, 129, 131-143 (2002).

[3] K.Kawaragi et al.: Earth and Planetary Science Letters, 282, 56 - 64 (2009).

キーワード：レーザー衝撃圧縮、ユゴニオ、カルサイト、脱ガス
Keywords: Laser-Shock-compression, hugoniot, calcite, degassing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2]
*Sota Takagi[1,2], Kouhei Ichiyanagi[2,3], Nobuaki Kawai[4], Ryo Fukaya[2], Shunsuke Nozawa[2], Atsushi Kyono[1], Nobumasa Funamori[2], Shin-ichi Adachi[2]

1. 筑波大学、2. 高エネルギー加速器研究機構、3. 自治医科大学、4. 熊本大学
1. University of Tsukuba, 2. KEK PF, 3. Jichi Medical University, 4. Kumamoto University

The enhancement of strength and toughness was found in oxide-doped tetragonal stabilized zirconia, with the suggestion that the absorption of energy during the martensitic transformation contribute to the increment [Gravie et al., 1975; Gupta et al., 1977]. Using transmission electron microscopy (TEM), in recovery sample, it was observed that the stress-induced transformation from stabilized tetragonal phase to monoclinic phase can be occurred around the crack tip [Porter et al., 1977], and the transformation-toughening model were devised [McMeeking et al., 1982; Hannink et al., 2000]. In high-pressure experiments, the phase transformation behavior of tetragonal stabilized zirconia has not been clarified in both static and shock compression because a lack of in-situ observation [Ohtaka et al., 1988; Grady et al., 1992]. We tried to observe the behavior of tetragonal stabilized zirconia under shock compression condition using time-resolved XRD method.We performed the experiments at NW14A beamline at PF-AR (Photon Factory Advanced Ring), High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Japan. Nd:glass laser with the wavelength of 1064 nm, pulse energy of 16 J, pulse width of 12 ns was used for shock-driving source. The laser beam was focused by optical lens to the size of 500 μm × 500 μm on the sample surface. For TR-XRD experiments, the synchrotron X-ray pulse of PF-AR was used as a probe source. The energy, the pulse width, and the size on the sample were 15.68 keV, about 100 ps, and 450 μm (H) ×250 μm (W), respectively. The irradiation timing between laser pulse and X-ray pulse on the sample surface were controlled by delay generator at ns time scale. The targets consisted of an 25 um PET film ablator with Al coated on the surface and 50 um polycrystalline 3 mol% yttria doped tetragonal stabilized zirconia.
The XRD change were observed up to 35 ns after shock compression started. Before shock, the (101), (002), (110), (102), (112), (200) diffraction of tetragonal phase were observed. 6.5 ns after shock, the diffraction from compression region appeared with maximum compression of 6%. No phase transition occurred at compression states. At release states (~11.4 ns), on the other hand, the (-111), (111), (022), (-221) diffraction peaks of monoclinic phase were appeared. We will discuss the detail of the experimental results and the transformation toughening mechanism.

キーワード：放射光X線、時間分解XRD、レーザー誘起衝撃波、ジルコニア
Keywords: Synchrotron X-ray, Time-resolved XRD, Laser-induced shock wave, Tetragonal stabilized zirconia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)

Impact phenomena had played essential roles in the process of planetary evolution. Recent analytical and experimental developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process for planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, and to compare them with the results on the planetary materials experienced a wide range of known shock conditions. Several metastable phases, that have not been known before, have recently been identified in shocked meteorites. They suggest that the shock state is often not in equilibrium and that it is more complicated process than ever thought. Experimental techniques including laser-driven shock compression and x-ray free electron laser diagnostics have been progressed to successfully simulate a wide range of shock conditions. The recent results indicate that shocked grains are fractured and rotated at relatively low pressures, and that they are subsequently transformed into denser phases or melts, or their mixtures at pressures of a few 100s GPa. Understanding of such shock dynamics requires another prospect, which is qualitatively different from the static high pressure and high temperature consensus. Therefore, it is timely to have an international symposium on dynamics of planetary materials.

[PCG22-P01] 議論

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

[PCG22-P02] Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、簗内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6] (1.広島大学、2.高輝度光科学研究センター、3.神戸大学、4.大阪大学、5.北京高 科学研究中心、6.理化学研究所)

[PCG22-P04] **Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals**

*Narangoo Purevjav[1]、Takuo Okuchi[1]、Norimasa Ozaki[2]、Takayoshi Sano[3]、Yuhei Umeda[2]、Shintaro Morioka[2]、Nobuki Kamimura[2] (1.Institute for Planetary Materials, Okayama University、2.Graduate School of Engineering, Osaka University、3.Institute of Laser Engineering, Osaka University)

[PCG22-P05] Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1] (1.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P06] Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2] (1.HPSTAR、2.熊本大学)

[PCG22-P07] Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2] (1.金沢大学、2.熊本大学)

[PCG22-P08] First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1]、Pak Kin Leong[1]、Toshimori Sekine[2,3] (1.State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology、2.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China、3.Graduate School of Engineering, Osaka University)

[PCG22-P09] Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学、2.大阪大学　レーザー科学研究所)

[PCG22-P10] Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2] (1.東京大学、2.コペンハーゲン大学)

[PCG22-P11] 高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P12] Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.大阪大光科学センター、3.大阪大学レーザー科学研究所)

[PCG22-P13] Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2] (1.筑波大学、2.高エネルギー加速器研究機構、3.自治医科大学、4.熊本大学)

議論
discussion

*奥地 拓生[1]、関根 利守[2]
*Takuo Okuchi[1], Toshimori Sekine[2]

1. 岡山大学惑星物質研究所、2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research

We discuss natural and experimendal evidences on impact phenomena, which had played essential roles in the process of early planetary evolution. Recent analytical and experimenotal developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process of planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, as well as to compare them with the results of shock-compression experiments of these materials obtained at laboratory conditions.

キーワード：議論
Keywords: discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shock-compressed behavior of quartz by XFEL

*佐藤 友子[1]、丹下 慶範[2]、瀬戸 雄介[3]、関根 利守[4,5]、尾崎 典雅[4]、西川 豊人[4]、宮西 宏併[4]、松岡 健之[4]、兒玉 了祐[4]、富樫 格[2]、犬伏 雄一[2]、籔内 俊毅[6]、矢橋 牧名[6]
*Tomoko Sato[1], Yoshinori Tange[2], Yusuke Seto[3], Toshimori Sekine[4,5], Norimasa Ozaki[4], Toyohito Nishikawa[4], Kohei Miyanishi[4], Kensuke Matsuoka[4], Ryosuke Kodama[4], Tadashi Togashi[2], Yuichi Inubushi[2], Toshinori Yabuuchi[6], Makina Yabashi[6]

1. 広島大学、2. 高輝度光科学研究センター、3. 神戸大学、4. 大阪大学、5. 北京高科学研究中心、6. 理化学研究所
1. Hiroshima University, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 3. Kobe University, 4. Osaka University, 5. Center for High Pressure Science &Technology Advanced Research, 6. RIKEN

We have conducted x-ray diffraction measurement (XRD) with femtosecond x-ray pulses generated by the x-ray free electron laser (XFEL) to observe lattice dynamics and phase transformation of single-crystal quartz under high strain-rate shock compression (~10^9 s^{-1}) and high pressure. Single-crystal quartz samples were shock-compressed by high-power short- and long-pulse lasers. In the short-pulse experiments, the lattice was reduced to 15% and 1.5% in the direction parallel and perpendicular to the compression axis, respectively. The sample was uniaxially compressed over its known Hugoniot elastic limit. In the long-pulse experiments, three different states were observed. Polycrystalline stishovite appeared at first, and elastically compressed state and a topotaxially transformed new phase were observed successively.

キーワード：Shock compression、in-situ X-ray diffraction、quartz
Keywords: Shock compression, in-situ X-ray diffraction, quartz

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laser-shock experiments of dense polymorphs of Mg_2SiO_4: technical developments using synthetic single crystals

*Narangoo Purevjav[1], Takuo Okuchi[1], Norimasa Ozaki[2], Takayoshi Sano[3], Yuhei Umeda[2], Shintaro Morioka[2], Nobuki Kamimura[2]

1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Graduate School of Engineering, Osaka University, 3. Institute of Laser Engineering, Osaka University

Mg_2SiO_4 polymorphs (α-phase as forsterite, β-phase as wadsleyite, and γ-phase as ringwoodite) are the major constituents of our Earth's mantle and also for Earth-like planets. Thus studying these polymorphs at extreme pressure and temperature conditions will lead to understanding their changes of chemical and physical properties at extremely high pressure and temperature conditions, such as those occurring during the giant impacts phenomena of such planets at their final stage of accretion. Shock compression of forsterite has been studied up to ~ 1000 GPa by using polycrystalline and single crystal samples [1-3]. The studies have reported contradicting results for the shock compression of forsterite. Sekine et al (2016) reported that there are several phase transformations in the liquid state of Mg_2SiO_4 at > 270 GPa, while other two studies were reported no phase transformation [1, 3]. Thus it is interesting to see how the Hugonoit relations of Mg_2SiO_4 polymorphs will come up at different pressure and temperature conditions. However, Hugoniot relations of wadsleyite and ringwoodite have not been studied well. Especially, there is any data on the densest polymorph ringwoodite. Shock compression of wadsleyite was carried out up to 200 GPa by using polycrystalline samples [4]. In addition, there are no studies by using single crystal samples for both wadsleyite and ringwoodite. To newly conduct such studies, the denser polymorph of Mg_2SiO_4 are needed to be synthesized and grown at their relevant conditions of deep mantle corresponding to the 15 –21 GPa and 1000 –1500 ˚C in the laboratory. Most importantly, the synthesized minerals must be chemically, physically and optically homogenous and should have suitable sizes for the laser-shock experiments. Here, by utilizing the results of our previous efforts for growing such quality of single crystals, we made possible to obtain Hugoniot relation of wadsleyite and ringwoodite by laser-shock compression. Their crystals were synthesized and grown by using a scaled-up Kawai-type cell by together with applying our pre-established a slow-cooling method at their relevant conditions [5]. Recovered crystals were up to 1 mm in sizes and confirmed to be chemically homogenous and free from twinning, cracks, and inclusions. The crystals were then doubly polished separately down to 100 mm in thickness and with an area of > 500 mm. They were assembled to form targets which are optimized for the laser-shock experiments. laser-shock experiments at GEKKO XII were conducted at Institute of Laser Engineering, Osaka University. The crystals are optical to give very clean VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector) images. The details of our technical developments will be discussed on the poster.

[1] Root, T., Townsend, J. L., Davies, E., Lemke, R. W., Bliss, D. E., Fratanduono, D. E., et al. (2018). *Geophys. Res. Lett.*, **45**:3865. [2] Sekine, T., Ozaki, N., Miyanishi, K., Asaumi, Y., Kimura, T., Albertazzi, B. et al. (2016). *Sci. Adv.*, **2**:e1600157. [3] Bolis, R. M., Morard, G., Vinci, T., Ravasio, A., Bambrink, E. et al. (2016). *Geophys. Res. Lett.*, **43**:9475. [4] Mosenfelder, J. L., Asimow, P. D. and Ahrens, T. J. (2007). *J. Geophys. Res.*, **112**:B06208. [5] Okuchi, T., Purevjav, N., Tomioka, N., Lin, J. F., Kuribayashi, T. et al. (2015). *Am. Mineral.*, **100**:1483.

Keywords: laser-shock compression, Mg2SiO4 polymorphs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Richtmyer-Meshkov instability in inhomogeneous density materials and its application to planetary science

*佐野 孝好[1]
*Takayoshi Sano[1]

1. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Institute of Laser Engineering, Osaka University

Richtmyer-Meshkov instability (RMI) is a hydrodynamic interfacial instability, which occurs by the interaction between a shock wave and corrugated density jump. Because of the corrugation of the interface, the surface profiles of the transmitted and reflected shocks are also rippled. The RMI is driven by the vorticity left by these rippled shocks at the interface and in the fluid. In this study, we consider shock propagation in inhomogeneous density materials (e.g., uniform density materials with small round voids) and the turbulent growth of the interface. For these cases, the vorticity distribution and turbulent motion are much more complicated than the standard RMI cases. Then the spatial fluctuation of pressure or temperature could be significantly large after the shock passage. Using two-dimensional hydrodynamic simulations, we will examine the dependence of the pressure fluctuation on the density inhomogeneity. As the application of this numerical study, we will discuss about the shock propagation in meteorites with large density fluctuation.

キーワード：衝撃波、リヒトマイヤーメシュコフ不安定
Keywords: shock waves, Richtmyer-Meshkov instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

Impact-induced dehydration reactions of Fe- and Al-hydrates as potential storage, carrier and source of water

*鳥羽瀬 翼[1]、関根 利守[1]、北原 銀河[2]、徳田 誠[2]、吉朝 朗[2]、高藤 誠[2]、真下 茂[2]、川合 伸明[2]
*Tsubasa Tobase[1], Toshimori Sekine[1], Ginga Kitahara[2], Makoto Tokuda[2], Akira Yoshiasa[2], Makoto Takafuji[2], Tsutomu Mashimo[2], Nobuaki Kawai[2]

1. HPSTAR、2. 熊本大学
1. HPSTAR, 2. Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

Hydrous minerals have been known to play an important role to preserve and carry water because a mechanism is required for water to reach the inner planets such as Earth far beyond the snow line that defines the boundary between water ice and vapor. In order to understand the detailes, we need to know the stability at high temperature and high pressure and impact resistance for possible hydrous minerals. Fe- and Al-hydrates (FeOOH and AlOOH) have been reported to be stable under static high temperature and static high pressure. In addition, they are observed in some meteorites and the surface on Mars. Although there are some data available on clay minerals and serpentine, those Fe- and Al-hydrates are considered to be present in the Earth’ s deep lower mantle according to the recent studies.

We have investigated the impact resistibility through shock recovery techniques. Our peak shock pressures are 24 GPa and 31 GPa for the recovered Fe- and Al-hydrates, respectively, where they displayed significant dehydration. We set various range of sample porosity and peak shock pressure to investing the dehydration reaction. These impact conditions correspond to impact velocities of 2.6 km/s and 4.9 km/s if we assume face to face impacts between carbonaceous chondrite such as Murchison. These are within a range of velocity for possible meteoritic collisions, and we need to know the relationship between impact condition and degree of dehydration. Using TG/DTA analyses of samples we estimated the relationship. The phase changes by impact dehydration are investigated by XRD, XAFS and Raman spectroscopy. We also try to understand dynamical void formation process by dehydration that can occur during adiabatic quenching through observation of void distribution in the recovered samples.

In our previous research for shock recovery experiments of hydrous minerals, we observed heterogenous temperature rise in dehydration process. We tried to confirm whether heterogeneous temperature rise occurs even in Fe- and Al-hydrates by comparison with the results between previously reported hydrous minerals. We will be able to select most possible candidate by comparing the thermal stability and impact resistibility among them.

キーワード：衝撃回収実験、含水鉱物、動的衝撃による脱水、粉末X線回折
Keywords: Shock recovered experiments, hydrous mineral, dynamic water loss, Powder x-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crystallization of amorphous $MgSiO_3$ by shock compression

*荒砂 茜[1]、奥野 正幸[1]、川合 伸明[2]
*Akane Arasuna[1], Masayuki Okuno[1], Nobuaki Kawai[2]

1. 金沢大学、2. 熊本大学
1. Kanazawa University, 2. Kumamoto University

Structural change of synthesized amorphous $MgSiO_3$ by shock compression up to 22.2 GPa has been investigated using XRD and IR analyses. The obtained result provides information for elucidating of the collision behavior of $MgSiO_3$ contained in cosmic dust.

Amorphous $MgSiO_3$ sample was prepared by an aqueous solution of TEOS, Magnesium Nitrate Hexahydrate, and ethanol with ammonia as a catalyst. As-prepared sample was heated at 700 C˚ to dehydrate excess water. TG curve of this sample indicated that the sample contained about 8.8 wt% of water molecules and hydroxyl groups.

A powdered heated (original) sample was put in an aluminum tubes and pressed at 20 kN for 10 minutes to obtain samples for shock compression experiment. These samples were compressed at 13.6, 17.2, and 22.2 GPa using a single-stage propellant gun at Kumamoto University.

XRD pattern of the pressed sample showed no crystalline peak as same as the original sample. However, the XRD pattern of thesample compressed at 13.6 GPa showed the weak crystalline peaks at around $2\theta =$ 28, 31, 35-36˚. These peaks became intense with increasing shock pressure. Crystalline peaks observed in the XRD pattern for the sample of 22.2 GPa were attributed to those of enstatite. However, some peaks was due to the formation of Mg_2SiO_4. IR spectra for the compressed samples showed the similar trend as the result of XRD analysis. But IR analysis indicated that the sample contains water molecules even after the shock compression at 22.2 GPa. Water molecules probably present in the remaining amorphous part. Crystallization of sample by shock compression has not been reported in shock experiments for other crystalline and non-crystalline silicates. The crystallization of our samples at low pressure may be due to the simple chain structure of enstatite. Also, high shock temperature which generated by friction due to the porosity of the sample may promote this crystallization.

キーワード：MgSiO3、非晶質、衝撃圧縮、enstatite
Keywords: MgSiO3, amorphous , shock compression, enstatite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

First-principle study of the structural and electronic properties of N-doped $MgAl_2O_4$ spinel

*Chi Pui Tang[1], Pak Kin Leong[1], Toshimori Sekine[2,3]

1. State Key Laboratory of Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology, 2. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research (HPSTAR) Shanghai Laboratory of HPSTAR, Shanghai, P.R. China, 3. Graduate School of Engineering, Osaka University

On basis of the first principle calculation, we report a possible nitrogen doped structure of $MgAl_2O_4$ spinel. The structural and electronic properties (include the band structure, density of states and phonon) of spinel ($MgAl_2O_4$) and N-doped spinel ($MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$) compounds are performed using density functional theory (DFT). The density and space group of two crystal cells are 3.47 g/cm^3 (Fd3m) for $MgAl_2O_4$ and 3.38 g/cm^3 (R3m) for $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively. The calculated direct band gaps at the Γ-point are about 5.13 eV for $MgAl_2O_4$ and 4.24 eV for $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively. The projected density of states (PDOS) shows that the tops of the valence bands are built up from ~93% of *p*(O) states and ~60% of *p*(N) + ~32% of *p*(O) states (for $MgAl_2O_4$ and $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$, respectively). In the phonon analysis, the lowest frequency of $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is redshifted to 36.6 cm^{-1} ($MgAl_2O_4$ is 39.8 cm^{-1}) caused by the N-doped. We also calculate their cohesive energy in the pressure range of 0-150 GPa. We found that the cohesive energy of $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is lower than $MgAl_2O_4$ at the pressure higher than ~115 GPa, it implies that $MgAl_2O_{3.5}N_{0.5}$ is more stable than $MgAl_2O_4$ at high pressure. Finally, we suggest that nitrogen atom would replace the oxygen of spinel in the depths of the earth. The results imply the deep mantle may storage a considerable amount of nitrogen.

Keywords: First principle calculation, Density functional theory, Spinel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transparency of shock-compressed single crystal diamond

*片桐 健登[1]、尾崎 典雅[1,2]、宮西 宏併[2]、梅田 悠平[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 考好[2]、兒玉 了祐[1,2]
*Kento Katagiri[1], Norimasa Ozaki[1,2], Kohei Miyanishi[2], Yuhei Umeda[1], Shintaro Morioka[1], Takayoshi Sano[2], Ryosuke Kodama[1,2]

1. 大阪大学、2. 大阪大学　レーザー科学研究所
1. Osaka University, 2. Institute of Laser Engineering, Osaka Unversity

Carbon is one of the most prominent elements in nature and it is abundant in the Earth and many other planets. Diamond, a metastable phase of carbon, is naturally synthesized in deep inside of the Earth where substances are isotropically pressured. Diamond is known for its many unique properties such as high hardness, low compressibility, small thermal expansion coefficient, and transparency. Since it is important to understand how substances behave under high pressure, properties of compressed diamond have been measured in a wide range of pressures up to 5 TPa. However, the transparency of diamond under pressure has not been fully elucidated. Here, we report the measurment of the pressure dependency of the absorption coefficient of laser shock compressed single crystalline diamond. A high-intensity laser was utilized to shock compress the diamond sample along its <100> direction, and velocity interferometer systems for any reflector (VISARs) were used to determine the absorption coefficient and pressure. It was found that single crystalline diamond remains largely transparent to the probe laser for VISAR (λ=532 nm) up to 140 GPa. The pressure dependence of the refractive index will also be discussed.

This experiment was conducted under the joint research of the Institute of Laser Engineering, Osaka University. This work was supported in part by JSPS KAKENHI grant No. 16H02246 and No. 16H01119. The part of work was also supported by Genesis Research Institute, Inc. (Konpon-ken, TOYOTA).

キーワード：衝撃圧縮、高強度レーザー、ダイヤモンド、透明度、屈折率
Keywords: Shock-compression, High intensity laser, Diamond, Transparency, Refractive index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Pb-Pb dating of the NWA 7203 angrite and relationship to its shock metamorphism

*林 秀幸[1]、三河内 岳[1]、佐野 有司[1]、Bizzarro Martin[2]
*Hideyuki Hayashi[1], Takashi Mikouchi[1], Yuji Sano[1], Martin Bizzarro[2]

1. 東京大学、2. コペンハーゲン大学
1. The university of Tokyo, 2. University of Copenhagen

Introduction: Angrite is one of the oldest basaltic achondrites in the early solar system which is depleted in volatile elements and enriched in refractory elements (e.g., Keil, 2012). Almost all angrites show either a quenched or slowly-cooled texture. The crystallization ages of quenched angrites are older (ca. 4564 Ma) than those of slowly-cooled samples (ca. 4558 Ma). One of the most striking mineralogical characteristics about angrites is the lack of shock metamorphism. Thus, quenched angrites can be good time anchors to connect absolute and relative ages, because the age differences between two systems can be ignored due to fast cooling and furthermore there is no chronological reset by shock metamorphism. However, NWA 1670 and NWA 7203 are known to show evidence for shock (Mikouchi et al., 2003; Hayashi et al., 2018), and especially we found that NWA 7203 exhibited remarkable shock metamorphic textures. The Pb-Pb dating of angrites has been done only for angrites without shock textures, indicating the obtained ages are crystallization ages. Pb-Pb age is relatively easy to be reset by shock heating. Therefore, Pb-Pb age of NWA 1670 or especially NWA 7203 may be reset by shock heating. However, there is no study which measured Pb-Pb dating of NWA 1670 or NWA 7203. In this study, we measured Pb isotopic ratios of silico-apatite in NWA 7203 by Nano-SIMS, and discussed the Pb-Pb age of NWA 7203.

Sample: We used NWA 7203 for this study. NWA 7203 is an angrite meteorite showing a quenched texture. NWA 7203 consists of a dendritic texture of olivine and anorthite, and pyroxene fills gaps of the dendrites. Grain size exhibits large variations from fine grains (~1 μm) to coarse grains (>100 μm). This is not a typical characteristic of quenched angrites. NWA 7203 is composed mainly of olivine, pyroxene and anorthite, and the accessory minerals are troilite, ulvospinel and silico-apatite.

Methods: Observation was carried out on thin sections by optical microscope and BSE images of FE-EPMA. Mineral phases were identified by micro-Raman spectroscopic analysis. Pb-Pb dating of NWA 7203 was carried out by measuring Pb isotope ratios of silico-apatites using Nano-SIMS at AORI, Univ. of Tokyo. Measurement conditions were 300 pA for primary ions and $^{16}O^-$ for ion sources. Pre-sputtering was performed for 8 minutes in the range of 10 x 10 μm. In the SIMS measurement, raster diameter of 3 x 3 μm and analysis time of 60 seconds were applied for two magnetic fields, respectively, and repeated for 30 cycles. For the standard, NIST SRM 610 was used.

Result and discussion: Pb isotopic ratios of silico-apatite in the NWA 7203 angrite were obtained. We obtained a weighted approximate straight line for each plot and found the Pb-Pb age to be 4551 ±17 Ma. These plots are relatively variable. This is probably because Pb isotopic ratios were disturbed by shock metamorphism. In fact, the Pb-Pb age of silico-apatite grains that are at least 200 μm away from the shock veins was found to be 4560 ±16 Ma. It is considered that the Pb isotopic ratios of these silico-apatite grains are relatively undisturbed as they are linearly aligned. This age coincides with the crystallization age of other quenched angrites within the error range. Takenouchi et al. (2019) measured the Ar-Ar ages of NWA 7203 and found that it has two plateau ages of 3800 ±440 Ma and 2300 ±140 Ma, and concluded that the shock metamorphism of NWA 7203 occurred at 2300 ±140 Ma. From this result,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

it is considered that the Pb-Pb age of NWA 7203 is not completely reset, but slightly disturbed.

キーワード：NWA 7203、アングライト、Pb-Pb年代、衝撃変成、母天体
Keywords: NWA 7203, Angrite, Pb-Pb dating, Shock metamorphism, Parent body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高強度レーザーを用いた衝撃試SiO_2の高圧相回収
Shock recovery of high-pressure phase of SiO_2 using high-power laser

*近藤 忠[1]、廣本 健吾[1]、境家 達弘[1]、寺崎 英紀[1]、重森 啓介[2]、弘中 陽一郎[2]
*Tadashi Kondo[1], Hiromoto Kengo[1], Tatsuhiro Sakaiya[1], Hidenori Terasaki[1], Keisuke Shigemori[2], Youichiro Hironaka[2]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University, 2. Institute of Laser Engineering, Osaka University

High-pressure phases in meteorites provide us the important information of shock history in natural materials. Experimental approach to reproduce such high-pressure phase have been studied intensively mainly by light-gas gun so far, though shock condition with impact velocity beyond 10km/s is difficult. Recent technical progress of high-intensity laser as a tool of shock experiment realize the recovery of samples with shock condition above 10km/s(Nagaki et al.,2016). However, the limited shock duration time of about 10 nsec has been too short to drive structural conversion to high-pressure form in single crystal sample. In this study, we explored recovery condition of high-pressure phase of SiO_2 using finely ground samples of quartz, cristobalite and fused silica as starting materials. Laser shock experiments were performed using GXII hyper laser at Institute of Laser Engineering, Osaka University. The whole sample retaining relative locations in the recovered box made of aluminum was quenched without significant scattering in each run. The sectioned sample at shocked center were examined by optical microscope, micro-focused X-ray diffraction and SEM-EDS. We will report the characteristic feature of top portion of sample, which shows layered structure with different metamorphism, and distribution of grass and stishovite phase found in the samples shocked above 100GPa, which have still a residual stress to 10GPa in the ambient condition. We will discuss the dependence of the initial state of crystal to recover the high-pressure phase in shocked samples in nsec.

キーワード：衝撃石英、高強度レーザー、回収実験
Keywords: shocked quartz, high-intensity laser, recovery experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hugoniot measurement of calcite under meteorite collision condition

*福井 敬也[1]、尾崎 典雅[1,2]、梅田 悠平[1]、宮西 宏併[3]、片桐 健登[1]、森岡 信太郎[1]、佐野 孝好[3]、兒玉 了佑[1,2,3]
*Fukui Keiya[1], Norimasa Ozaki[1,2], Yuhei Umeda[1], Kohei Miyanishi[3], Kento Katagiri[1], Shintaro Morioka[1], Takayoshi Sano[3], Ryosuke Kodama[1,2,3]

1. 大阪大学大学院工学研究科、2. 大阪大光科学センター、3. 大阪大学レーザー科学研究所
1. Graduate School of Engineering,Osaka univ., 2. PPC, Osaka Univ., 3. ILE, Osaka Univ.

Volatile substances inside planetary materialsare generated and released as gas under the extreme condition caused by collision phenomenon that is thought to contribute greatly to the formation of the planetary atmosphere [1]. Particularly the degassing reaction of carbonate, may generate CO or CO_2as greenhouse gas and affect the temperature of the planetary surface. A typical planetary mineral as carbonate of calcite ($CaCO_3$) is expected degassing above 3300 K at pressure of 150 GPa along the Hugoniot[2].
In the previous study, the experimental investigations for the shock-degassing reaction were carried out only below the impact pressure of 100 GPa. Also, we have not understood when the degassing reaction of calcite occur on a compressed state or a released state [3]
In natural, typical meteorite impacts exceed 10 km/s in impact velocity, and can generate at the pressure above 150 GPa. The purpose of this research is to understand the impact compression characteristics of calcite under the meteorite collision condition.

This experiment was conducted in Shock Drive Laser (Gekko XII) atInstitute for Laser Engineering, Osaka University. The target consists of polypropylene as an ablator aluminum as a piston, quartz as a standard material, and calcite as a sample from laser side. The impact pressures and temperatures were estimated by the measured shock wave velocity using Velocity interferometer system for any reflector (VISAR) and self-emission intensity using radiance thermometer (SOP).
As a result of this experiments, we obtained the Hugoniot date at the puressure from 200 GPa to 1 Tpa at the temperature above 5000 K. The detailed results will be shown as this presentation.
Acknowledgements

This experiment was conducted on the joint research of the Institute of Laser Engineering, Osaka University. This work was supported in part by JSPS KAKENHI grant No. 16H02246 and No. 16H01119. The part of work was also supported by Genesis Research Institute, Inc. (Konpon-ken, TOYOTA).

REFERENCES

[1] T. Matsui and Y.Abe: Nature, 319, 303 - 319 (1986).

[2] B.Ivanov and A. Deutsch: Physics of the Earth and Planetary Interiors, 129, 131-143 (2002).

[3] K.Kawaragi et al.: Earth and Planetary Science Letters, 282, 56 - 64 (2009).

キーワード：レーザー衝撃圧縮、ユゴニオ、カルサイト、脱ガス
Keywords: Laser-Shock-compression, hugoniot, calcite, degassing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Direct observation of the transformation toughening of tetragonal stabilized zirconia under shock deformation condition by ns time-resolved XRD.

*高木 壮大[1,2]、一柳 光平[2,3]、川合 伸明[4]、深谷 亮[2]、野澤 俊介[2]、興野 純[1]、船守 展正[2]、足立 伸一[2]
*Sota Takagi[1,2], Kouhei Ichiyanagi[2,3], Nobuaki Kawai[4], Ryo Fukaya[2], Shunsuke Nozawa[2], Atsushi Kyono[1], Nobumasa Funamori[2], Shin-ichi Adachi[2]

1. 筑波大学、2. 高エネルギー加速器研究機構、3. 自治医科大学、4. 熊本大学
1. University of Tsukuba, 2. KEK PF, 3. Jichi Medical University, 4. Kumamoto University

The enhancement of strength and toughness was found in oxide-doped tetragonal stabilized zirconia, with the suggestion that the absorption of energy during the martensitic transformation contribute to the increment [Gravie et al., 1975; Gupta et al., 1977]. Using transmission electron microscopy (TEM), in recovery sample, it was observed that the stress-induced transformation from stabilized tetragonal phase to monoclinic phase can be occurred around the crack tip [Porter et al., 1977], and the transformation-toughening model were devised [McMeeking et al., 1982; Hannink et al., 2000]. In high-pressure experiments, the phase transformation behavior of tetragonal stabilized zirconia has not been clarified in both static and shock compression because a lack of in-situ observation [Ohtaka et al., 1988; Grady et al., 1992]. We tried to observe the behavior of tetragonal stabilized zirconia under shock compression condition using time-resolved XRD method.We performed the experiments at NW14A beamline at PF-AR (Photon Factory Advanced Ring), High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Japan. Nd:glass laser with the wavelength of 1064 nm, pulse energy of 16 J, pulse width of 12 ns was used for shock-driving source. The laser beam was focused by optical lens to the size of 500 μm × 500 μm on the sample surface. For TR-XRD experiments, the synchrotron X-ray pulse of PF-AR was used as a probe source. The energy, the pulse width, and the size on the sample were 15.68 keV, about 100 ps, and 450 μm (H) ×250 μm (W), respectively. The irradiation timing between laser pulse and X-ray pulse on the sample surface were controlled by delay generator at ns time scale. The targets consisted of an 25 um PET film ablator with Al coated on the surface and 50 um polycrystalline 3 mol% yttria doped tetragonal stabilized zirconia.
The XRD change were observed up to 35 ns after shock compression started. Before shock, the (101), (002), (110), (102), (112), (200) diffraction of tetragonal phase were observed. 6.5 ns after shock, the diffraction from compression region appeared with maximum compression of 6%. No phase transition occurred at compression states. At release states (~11.4 ns), on the other hand, the (-111), (111), (022), (-221) diffraction peaks of monoclinic phase were appeared. We will discuss the detail of the experimental results and the transformation toughening mechanism.

キーワード：放射光X線、時間分解XRD、レーザー誘起衝撃波、ジルコニア
Keywords: Synchrotron X-ray, Time-resolved XRD, Laser-induced shock wave, Tetragonal stabilized zirconia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)、座長:関根 利守(HPSTAR & Osaa University)、Ai-Cheng Zhang(Nanjing University)

Impact phenomena had played essential roles in the process of planetary evolution. Recent analytical and experimental developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process for planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, and to compare them with the results on the planetary materials experienced a wide range of known shock conditions. Several metastable phases, that have not been known before, have recently been identified in shocked meteorites. They suggest that the shock state is often not in equilibrium and that it is more complicated process than ever thought. Experimental techniques including laser-driven shock compression and x-ray free electron laser diagnostics have been progressed to successfully simulate a wide range of shock conditions. The recent results indicate that shocked grains are fractured and rotated at relatively low pressures, and that they are subsequently transformed into denser phases or melts, or their mixtures at pressures of a few 100s GPa. Understanding of such shock dynamics requires another prospect, which is qualitatively different from the static high pressure and high temperature consensus. Therefore, it is timely to have an international symposium on dynamics of planetary materials.

13:45 ~ 14:00

[PCG22-01] Shock-induced phase transformation in howardite-eucrite-diogenite meteorites

★Invited Papers

*Ai-Cheng Zhang[1,2]、De-Liang Chen[1]、Run-Lian Pang[1] (1.School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, China、2.CAS Center for Excellence in Comparative Planetary, China)

14:00 ~ 14:15

[PCG22-02] 隕石における結晶格子剪断誘起のケイ酸塩高圧相の準安定的形成

★招待講演

*富岡 尚敬[1]、奥地 拓生[2]、宮原 正明[3] (1.海洋研究開発機構高知コア研究所、2.岡山大学惑星物質研究所、3.広島大学理学部地球惑星システム学科)

14:15 ~ 14:30

[PCG22-03] Can high-pressure polymorphs clarify an ordinary chondrite parent-body breakup?

*宮原 正明[1]、山口 亮[2]、齋藤 優人[1]、吹本 幹太[1]、境 毅[3]、大藤 弘明[3]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、大谷 栄治[6] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.国立極地研究所、3.愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、4.JAMSTEC・高知コア研究所、5.マリン・ワーク・ジャパン、6.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

14:30 ~ 14:45

[PCG22-04] Linking occurrence and texture of dense silicate minerals in shocked meteorites with laser-shock experimental results of Mg_2SiO_4 analyzed by XFEL probe

*奥地 拓生[1]、Narangoo Purevjav[1]、尾崎 典雅[2]、松岡 健之[2]、瀬戸 雄介[3]、丹下 慶範[4]、薮内 俊毅[5]、富岡 尚敬[6]、関根 利守[7]、兒玉 了祐[2] (1.岡山大学惑星物質研究所、2.大阪大学工学研究科、3.神戸大学理学研究科、4.高輝度光科学研究センター、5.理化学研究所放射光科学研究センター、6.海洋研究開発機構高知コア研究所、7.Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)

14:45 ~ 15:00

[PCG22-05] Laser-shock evolution of organic molecules in carbonaceous meteorite

*薮田 ひかる[1]、藤岡 光[2]、境家 達弘[2]、近藤 忠[2]、大野 宗祐[3]、黒澤 耕介[3]、門野 敏彦[4]、重森 啓介[5]、弘中 陽一郎[5]、山中 高光[6] (1.広島大学大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻、2.大阪大学大学院理学研究科 宇宙地

球科学専攻、3.千葉工業大学 惑星探査研究センター、4.産業医科大学、5.大阪大学レーザー科学研究所、6.北京高圧科学研究中心)

15:00 ~ 15:15

[PCG22-06] Shock barometer using cathodoluminescence and synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction analyses of minerals

★Invited Papers

*鹿山 雅裕[1] (1.東北大学)

Shock-induced phase transformation in howardite-eucrite-diogenite meteorites

*Ai-Cheng Zhang[1,2], De-Liang Chen[1], Run-Lian Pang[1]

1. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, China, 2. CAS Center for Excellence in Comparative Planetary, China

Phase transformation is an important type of mineralogical respects to shock metamorphism in planets and asteroids. It has been widely used to constrain the dynamic conditions (pressure-temperature-time, P-T-*t*) of shock events and the mineral constituents in deep planets. In the past decades, shock-induced phase transformation has been extensively studied in shocked ordinary chondrites, martian and lunar meteorites. However, shock-induced phase transformation in howardite-eucrite-diogenite (HED) meteorites was less studied. In the past five years, a few high-pressure minerals (coesite, stishovite, tissintite, vacancy-rich clinopyroxene, super-silicic garnet, grossular, and a new mineral vestaite (TiFe)Ti_3O_9) have been reported in shocked eucrites (Miyahara et al., 2014; Pang et al., 2016, 2018; Fudge et al., 2017). In this study, we report a few new observations about shock-induced phase transformation in HED meteorites and discuss their potential implications for constraining the shock metamorphism of Vesta.

Four eucrite meteorites NWA 8003 (unbrecciated), NWA 2650 (brecciated), NWA 10245 (unbrecciated), and Dhofar 007 (brecciated) and two unbrecciated diogenite meteorites NWA 8321 and NWA 8326 were studied with scanning electron microscopy, Raman spectroscopy, Electron backscatter diffraction, and transmission electron microscopy.

The four eucrite meteorites NWA 8003, NWA 2650, NWA 10245, and Dhofar 007 have a few similar shock-induced features. All of them contain coesite, stishovite, vacancy-rich clinopyroxene, and tissintite. NWA 8003, NWA 2650, and Dhofar 007 also contain super-silicic garnet in shock-induced melt veins; however, no super-silicic garnet was observed in NWA 10245. In NWA 8003, unique Ti-rich melt pockets have been observed and contain ilmenite, vacancy-rich clinopyroxene, vestaite, corundum, and kyanite. In NWA 2650, an oval-shaped region in a super-silicic garnet-dominant shock-induced melt vein contains grossular, kyanite, and silica glass. Some kyanite crystals are present in the interstitial glass between surrounding super-silicic garnet grains. Some of the grossular grains occur as overgrowth on super-silicic garnet. These textures indicate that the grossular + kyanite + silica assemblage has formed through shock-induced melting of anorthite and recrystallization. Reidite was observed as irregular region and lamellae in zircon from NWA 2650. It might have formed through solid-state phase transformation at a pressure >20 GPa.

The two unbrecciated diogenite meteorites have different shock-induced features. NWA 8321 contains shock-induced melt veins which contain some mineral fragments of olivine, and pyroxene. No high-pressure minerals were detected within and adjacent to shock-induced melt veins. However, in NWA 8326, a few high-pressure minerals have been observed. They include stishovite, xieite, reidite, tuite, and tissintite. Stishovite was observed with two different textures. Xieite was observed as brighter lamellae in chromite adjacent to a thin shock-induced melt veins. Reidite mainly occurs as lamellar phase in zircon. The textures indicate that stishovite, xieite, and reidite have formed through solid-state phase transformation. Tissintite was also observed, closely adjacent to a shock-induced melt vein. It has probably formed through crystallization from high-pressure and high-temperature melt.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Our new observations reveal that shock-induced phase transformation in HED meteorites are more common than previous thought. Most of these HED meteorites have experienced a low to moderate degree of shock metamorphism. However, the presence of reidite and xieite indicates that some of the HED meteorites (NWA 2650 and NWA 8326 have experienced severe shock metamorphism. Generally, the diversity of high-pressure minerals in HED meteorites is consistent with the relatively low impact velocities in the main asteroid belt. In addition, compared to severe shock metamorphism in ordinary chondrites, martian and lunar meteorites, the high-pressure minerals in HED meteorites open a new window to study low to moderate shock metamorphism.

This work is financially supported by NSFC (grant 41673068) and NSF of Jiangsu Province of China (BK20170017).

Keywords: High-pressure minerals, Shock metamorphism, HED meteorites, Vesta

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

隕石における結晶格子剪断誘起のケイ酸塩高圧相の準安定的形成
Lattice-shear-induced metastable formation of high-pressure silicates in shocked meteorites

*富岡 尚敬[1]、奥地 拓生[2]、宮原 正明[3]
*Naotaka Tomioka[1], Takuo Okuchi[2], Masaaki Miyahara[3]

1. 海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 岡山大学惑星物質研究所、3. 広島大学理学部地球惑星システム学科
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 3. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University

Heavily shocked meteorites contain various types of high-pressure polymorphs of silicate minerals. These high-pressure minerals are micron to submicron sized and occurred within and in the vicinity of shock-induced melt in stony meteorites. Their occurrence suggests two types of formation mechanisms: (1) solid-state high-pressure transformation of the host-rock minerals into monomineralic polycrystalline aggregates, and (2) crystallization of chondritic or monomineralic melts under high pressure [1]. In some cases of the former process, high-pressure minerals occur as coherent lamellae within grains of the host low-pressure minerals. A typical example is the (Mg,Fe)SiO_3pyroxene-akimotoite intergrowth in the Tenham meteorite [2]. The akimotoite has relatively high Fe content [Fe/(Mg+Fe)=0.21] but does not have its stability field at any P-T conditions [3]. Therefore, the akimotoite would have been formed metastably due to a rapidly-changing P-T history in the shock event. As another example, a new high-pressure polymorph of olivine, which has been defined as “ε-phase” with a spinelloid structure, was recently discovered as nano-scale lamellae in ringwoodite [$(Mg,Fe)_2SiO_4$-spinel] and wadsleyite [$(Mg,Fe)_2SiO_4$ -spinelloid] grains in Tenham and Miami meteorites, respectively [4]. The phase has never been observed in previous phase equilibrium studies. Both pyroxene-akimotoite and ringwoodite/wadsleyite-ε-phase intergrowths have topotaxy with preserving close-packed oxygen layers for their respective structures. The crystallographic relationships between these host and the product phases suggest that these polymorphic phase transformations are promoted by shear mechanism [5]. This process is achieved by shear deformation of oxygen sublattice associating movements of interstitial cations within single unit-cell dimension. Therefore, shear mechanism is considered to be a favorable mechanism under high differential stress, or under relatively low-temperatures, where atomic diffusion is kinetically hindered. Future experimental studies, which include ultrafast in-situ X-ray diffraction under laser shock compression, and high-resolution electron microscopy on recovered specimens of static high-pressure experiments, would contribute to better understanding of detailed structural changes in naturally shocked samples.

References: [1] Tomioka & Miyahara (2017) *Meteorit. Planet. Sci.*,52, 2017–2039. [2]Tomioka & Fujino (1999) *Amer. Mineral.*, 84, 267–271. [3] e.g. Ito & Yamada (1982) in*High-Pres. Res. Geophys.*, 405–419.[4] e.g. Tomioka & Okuchi (2017) *Sci. Rep.*, 7, 17351. [5] Tomioka (2007) *J. Mineral. Petrol. Sci.* ,102, 226–232.

キーワード：衝撃変成、隕石、相転移メカニズム、高圧鉱物
Keywords: shock metamorphism, meteorites, transformation mechanisms, high-pressure minerals

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Can high-pressure polymorphs clarify an ordinary chondrite parent-body breakup?

*宮原 正明[1]、山口 亮[2]、齋藤 優人[1]、吹本 幹太[1]、境 毅[3]、大藤 弘明[3]、富岡 尚敬[4]、兒玉 優[5]、大谷 栄治[6]
*Masaaki Miyahara[1], Akira Yamaguchi[2], Masato Saitoh[1], Kanta Fukimoto[1], Takeshi Sakai[3], Hiroaki Ohfuji[3], Naotaka Tomioka[4], Yu Kodama[5], Eiji Ohtani[6]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 国立極地研究所、3. 愛媛大学地球ダイナミクス研究センター、4. JAMSTEC・高知コア研究所、5. マリン・ワーク・ジャパン、6. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Department of Earth and Planetary Systems Science, Graduate School of Science, Hiroshima University, 2. National Institute of Polar Research, 3. Geodynamics Research Center, Ehime University, 4. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Marine Works Japan, 6. Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University

An ordinary chondrite is the biggest clan in the meteorites. The ordinary chondrites are the building blocks of an ordinary chondrite parent-body that broke up by an impact in the solar nebula. The breakup process of the ordinary chondrite parent-body is one of the intriguing conundrums. Most ordinary chondrites have evidence for the impact event. Shock-induced melting textures and high-pressure polymorphs are the most distinct clues for the impact event. Chen et al. (1996) suggested that the high-pressure polymorphs occurring in the shock-induced melt can be a clue for clarifying the impact event occurred on the parent-body because we can constrain several parameters for the impact such as shock pressure and impact velocity based on the formation conditions of the high-pressure polymorph assemblage. Accordingly, many previous studies have worked on the high-pressure polymorphs in the ordinary chondrites for several decades. Most previous investigations have focused on the L6 chondrite because the meteorite type is abundantly recovered on the Earth. On the other hand, few previous studies have worked on other petrologic types such as L5 and L4. The inventories of the high-pressure polymorphs in shocked H- and LL-group ordinary chondrites have been barely described. The ordinary chondrite parent-body is expected to have an onion shell-like structure. H-, L-, and LL-group ordinary chondrites originate from their individual parent-bodies. We have to clarify the inventories of the high-pressure polymorphs included in all petrologic types and groups to elucidate the breakup processes of the ordinary chondrite parent-bodies. Accordingly, we initiated the systematic investigations of the high-pressure polymorphs included in the shocked ordinary chondrites. About sixty H-group, eighty L-group, and fifty LL-group ordinary chondrites with the shock-induced melting textures were systematically investigated by SEM and Raman spectrometer. There was the distinct difference in the modes of shock-induced melting between petrologic type 3–4 and type 5–6 in all groups. In the petrologic type 3–4, the melting occurred at the boundaries between the chondrules and surrounding matrices as a melt-pocket. In the petrologic type 5–6, melting occurred as isolated veins or networks. There was also a clear difference in abundance of the high-pressure polymorphs among H-, L-, and LL-groups: the high-pressure polymorphs are abundant in L- and LL-groups, whereas rare in H-group. The species and assemblages of the high-pressure polymorphs depended on the petrologic types. The abundance and assemblages of the high-pressure polymorphs in L- and LL-group were similar to each other, suggesting that both parent-bodies have similar impact histories. The shock-pressure conditions were estimated based on the identified high-pressure polymorph assemblages: from ~13 to ~24 GPa for L/LL6, from ~3 to ~12 GPa for L/LL4 and L/LL5, and less than ~3 GPa for L/LL3. When we adopted the estimations into the onion-shell-structured parent-body, the shock pressure condition on the parent-body surface is much lower than its interior, which is unlikely for a head-on impact. We cannot explain the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

parent-body breakup phenomenon based only on the estimation using the high-pressure polymorphs. There are clear differences on their petrographic structures between type 3–4 and type 5–6: the former consists of accumulated chondrules and the latter has equilibrated texture. It is also expected that type 3–4 and type 5–6 chondrites have different initial density and porosity. These differences will affect the response to the shock metamorphism. Unless we take these factors into the estimation, we cannot clarify the parent-body breakup phenomenon by using the high-pressure polymorphs.

Reference: Chen et al. Science 271: 1570–1573 (1996)

キーワード：衝撃、普通コンドライト、高圧相
Keywords: Shock, Ordinary chondrite, High-pressure polymorph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Linking occurrence and texture of dense silicate minerals in shocked meteorites with laser-shock experimental results of Mg_2SiO_4 analyzed by XFEL probe

*奥地 拓生[1]、Narangoo Purevjav[1]、尾崎 典雅[2]、松岡 健之[2]、瀬戸 雄介[3]、丹下 慶範[4]、薮内 俊毅[5]、富岡 尚敬[6]、関根 利守[7]、兒玉 了祐[2]
*Takuo Okuchi[1], Narangoo Purevjav[1], Norimasa Ozaki[2], Takeshi Matsuoka[2], Yusuke Seto[3], Yoshinori Tange[4], Toshinori Yabuuchi[5], Naotaka Tomioka[6], Toshimori Sekine[7], Ryosuke Kodama[2]

1. 岡山大学惑星物質研究所、2. 大阪大学工学研究科、3. 神戸大学理学研究科、4. 高輝度光科学研究センター、5. 理化学研究所放射光科学研究センター、6. 海洋研究開発機構高知コア研究所、7. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research
1. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 2. Graduate School of Engineering, Osaka University, 3. Graduate School of Science, Kobe University, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 5. RIKEN Harima Branch, 6. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 7. Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research

Primitive meteorites often show features of shock metamorphism, including occurrences of dense polymorphs of major mineral phases. By previous transmission electron microscopy studies it was demonstrated that olivine (alpha-Mg_2SiO_4) often had transformed into its denser polymorphs such as ringwoodite (gamma-Mg_2SiO_4), and as a recently-discovered new structure (epsilon-Mg_2SiO_4: Tomioka and Okuchi, Sci. Rep. 2017). The impact events that produced these polymorphs played essential roles in the history of early solar system evolution. Here we tried to reproduce such a dynamic transformation process starting from forsterite olivine single crystals by using very strong laser beam and x-ray free electron laser (XFEL) beam in combination at SACLA, SPring-8, Japan. A transformation process has been successfully observed with sub-nanosecond resolution by x-ray diffraction using femtosecond XFEL pulses. We discovered an ultrafast transformation process completing only within few nanoseconds, which was not expected to occur during shock metamorphism of meteorites. It can be a shear-induced fast lattice slipping proceeding without any atomic diffusion process. We conclude that formation processes and environments of some of dense Mg_2SiO_4 polymorphs in heavily shocked meteorites are needed to be reconsidered to involve this fast process.

キーワード：高密度鉱物、レーザー衝撃圧縮実験、衝撃変成、Mg2SiO4
Keywords: dense silicate minerals, laser shock experiments, shock metamorphism, Mg2SiO4

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laser-shock evolution of organic molecules in carbonaceous meteorite

*薮田 ひかる[1]、藤岡 光[2]、境家 達弘[2]、近藤 忠[2]、大野 宗祐[3]、黒澤 耕介[3]、門野 敏彦[4]、重森 啓介[5]、弘中 陽一郎[5]、山中 高光[6]
*Hikaru Yabuta[1], Hikaru Fujioka[2], Tatsuhiro Sakaiya[2], Tadashi Kondo[2], Sohsuke Ohno[3], Kosuke Kurosawa[3], Toshihiko Kadono[4], Keisuke Shigemori[5], Yoichiro Hironaka[5], Takamitsu Yamanaka[6]

1. 広島大学大学院理学研究科 地球惑星システム学専攻、2. 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻、3. 千葉工業大学 惑星探査研究センター、4. 産業医科大学、5. 大阪大学レーザー科学研究所、6. 北京高圧科学研究中心
1. Hiroshima University, Department of Earth and Planetary Systems Science, 2. Osaka University, Department of Earth and Space Science, 3. Chiba Institute of Technology, Planetary Exploration Research Center (PERC), 4. University of Occupational and Environmental Health, 5. Osaka University, Institute of Laser Engineering, 6. Center for High Pressure Science & Technology Advanced Research, Shanghai, China

It has been hypothesized that extraterrestrial organic compounds were delivered to the early Earth by meteorites and comets during the Late Heavy Bombardment (LHB). There have been several experiments that simulated the shock synthesis of organic compounds during the LHB. However, in the past studies using gas guns, it is difficult to perform an open system experiment at higher impact velocities than Earth’ s escape velocity (> 17 km/s). In order to understand what compositions of meteoritic organic molecules were produced by the shock energy of LHB and delivered to the Earth, we carried out a high power laser compression experiment (up to 400 GPa) of carbonaceous chondritic meteorite, which contains 2wt% of organic carbon.

Pellets of Murchison carbonaceous meteorite was prepared by diamond anvil cell, respectively. Pellets of the meteorites in 3mm diameter and 1mm thickness were prepared. The titanium foil was located in front of the sample as the ablator for the laser and for preventing the sample from blowing out. The laser-shock experiment was carried using GEKKO XII/HIPER laser system, Institute of Laser Engineering, Osaka University. The laser wavelength, pulse width, and spot diameter were 1053 nm, ~20 ns, and ~0.4 mm, respectively. The shock pressures were 20, 50, and 400 GPa. The collected meteorite samples were extracted with dichloromethane and methanol. The extracts were concentrated and analyzed by a gas chromatography coupled with mass spectrometry (GCMS).

Molecular compositions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Murchison meteorite are not changed before and after the shock experiment at 20 GPa, except that the concentration of naphthalene was depleted. At 50 and 400 GPa, the concentrations of pyrene and fluoranthene increased, while those of biphenyl, fluorenone, and anthracene decreased. Molecular compositions of *n*-alkanes (C_{14} –C_{24}) are not largely changed before and after the shock experiment at 20 GPa. However, at 50 GPa, the concentrations of short chain *n*-alkanes (C_{14} - C_{17}) decreased and those of long chain *n*-alkanes (C_{18} - C_{24}) relatively increased. These results indicate that impact processes promote aromatic ring condensation and elongation of carbon chains of *n*-alkanes.

キーワード：高強度レーザー、隕石有機物、アストロバイオロジー
Keywords: High-power laser, Organic compounds in meteorites, Astrobiology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Shock barometer using cathodoluminescence and synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction analyses of minerals

*鹿山 雅裕[1]
*Masahiro KAYAMA[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

A part of meteorites record collisional history of asteroidal and cometary impacts. Impactites were created in impact craters by the shock event on the Earth. These materials provide vital information on collision and accumulation processes of asteroid and planet and ejection process from the parent body. The shock pressure is one of the most important parameters to interpret these impact history. Various techniques such as optical and electron microscopy and infrared adsorption and Raman spectrometry have been applied for minerals (e.g., feldspar and silica minerals) in meteorites and impactites to estimate the shock pressure that occurs on the Earth, Moon, and Mars. Although there are many works to evaluate the shock pressure using these techniques, quantitative estimation of a wider dynamic range of shock pressure has not been possible for a micrometer-sized grain to date. Here, cathodoluminescence (CL) and synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction (SR-XRD) of experimentally shocked feldspars and quartz and these minerals in meteorite and impactite have been investigated to establish a new shock barometer.

Shock experiments were performed for single crystals of synthetic and terrestrial quartz and terrestrial feldspars at the National Institute for Material Science using a one stage propellant gun. Quartz in an impactite from the Chicxulub crater and alkali feldspar and plagioclase in martian meteorites (NWA 2975, Shergotty, Dhofar 019, and Zagami) were selected here. CL spectroscopy of these samples was conducted at Okayama University of Science. SR-XRD was measured for the powder samples at KEK Photon Factory (PF; beam line: PF BL-4B2).

CL spectra of unshocked feldspars (starting material for the shock recovery experiments) consist of blue, yellow, and/or red emission bands in the wavelength range from 300 to 800 nm. The ultraviolet (UV) to blue emission bands at 330 and 380 nm were obtained from CL spectra of only experimentally shocked feldspars at 20 to 40 GPa. The intensities of all UV-blue emissions correlate positively with the shock pressure. Similar UV-blue emission bands were recognized in CL spectra of the shock-induced feldspar glasses in the martian meteorites and impactites.

CL spectra of unshocked synthetic and terrestrial quartz show an extremely weak blue emission band at 400 nm. The blue emission band was also detected in CL spectra of the experimentally shock recovered samples at 5 to 40 GPa and quartz in the impactite, whereas their blue emission intensities are obviously higher than those of the unshocked quartz. The blue emission intensities increase with the pressure due to shock experiments gradually from 5 to 15 GPa and drastically from 20 to 40 GPa. These correlations obtained from CL spectra of experimentally shocked feldspar and quartz would give quantitative values of the shock pressures that the minerals in martian meteorites and impactite have experienced. Therefore, the CL intensity of feldspar has a potential for a shock barometer with high spatial resolution.

SR-XRD analyses of experimentally shocked quartz demonstrated that the diffraction peaks increase in the intensity and become broader with increasing the shock pressure in the range from 5 to 30 GPa. At the shock pressure above 35 GPa, diffraction peak of quartz was no longer undetectable from the pattern,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

implying its complete amorphization. Moreover, several crystal planes exhibit peak shifts with the pressure in the pressure range from 15 to 30 GPa. Furthermore, the shock experiments enhance micro strain and reduce crystallite size. This fact indicates that the shock-induced amorphization was initiated by lattice distortion and structural defects induced by shock compression. The SR-XRD response to the shock pressure suggests the possibility of shock barometer using SR-XRD method, at least in the range from 15 to 30 GPa.

キーワード：天体衝突、長石、石英、カソードルミネッセンス、放射光X線回折
Keywords: Shock impact, Feldspar, Quartz, Cathodoluminescence, Synchrotron angle-dispersive x-ray diffraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A03 東京ベイ幕張ホール

[P-CG22] Shock responses of planetary materials elucidated from meteorites and dynamic compression experiments

コンビーナ:関根 利守(Center for High Pressure Science and Technology Advanced Research)、奥地 拓生(岡山大学惑星物質研究所)、座長:奥地 拓生(岡山大学)、Yongjae Lee(Yonsei University)

Impact phenomena had played essential roles in the process of planetary evolution. Recent analytical and experimental developments reveal a new prospective on the effects of shock-compression process for planetary materials. For deeper understanding of such shock effects, it is necessary to evaluate the detailed shock conditions from the observations of naturally-shocked planetary materials, and to compare them with the results on the planetary materials experienced a wide range of known shock conditions. Several metastable phases, that have not been known before, have recently been identified in shocked meteorites. They suggest that the shock state is often not in equilibrium and that it is more complicated process than ever thought. Experimental techniques including laser-driven shock compression and x-ray free electron laser diagnostics have been progressed to successfully simulate a wide range of shock conditions. The recent results indicate that shocked grains are fractured and rotated at relatively low pressures, and that they are subsequently transformed into denser phases or melts, or their mixtures at pressures of a few 100s GPa. Understanding of such shock dynamics requires another prospect, which is qualitatively different from the static high pressure and high temperature consensus. Therefore, it is timely to have an international symposium on dynamics of planetary materials.

15:30 ~ 15:45

[PCG22-07] Dynamic Compression at Pohang X-ray Free Electron Laser Facility (PAL-XFEL)

★Invited Papers

*Yongjae Lee[1] (1.Yonsei University, Seoul, Korea)

15:45 ~ 16:00

[PCG22-08] Exploration of extreme melt states of silicate usign high-power laser and XFEL

★Invited Papers

*尾崎 典雅[1] (1.大阪大学)

16:00 ~ 16:15

[PCG22-09] Hugoniot measurements for silicate: Understanding silicate magma under the planetary impacts

*梅田 悠平[1]、尾崎 典雅[1]、関根 利守[2]、Bruno Albertazzi[3]、Alessandra Benuzzi-Mounaix[3]、Riccardo Bolis[3]、Marco Guaruaglini[3]、片桐 健登[1]、兒玉 了祐[1]、Michel Koeing[3]、宮西 宏併[4]、森岡 信太郎[1]、西川 豊人[1]、大井 修吾[5]、Alessandra Ravasio[3]、坂和 洋一[4]、佐野 孝好[4]、佐藤 友子[6] (1.大阪大学大学院工学研究科、2.HPSTAR、3.エコールポリテクニーク、4.大阪大学レーザー科学研究所、5.滋賀大学、6.広島大学大学院理学研究科)

16:15 ~ 16:30

[PCG22-10] **An experimental design to determine iron melting at the Earth's core conditions via in-situ X-ray diffraction technique at high power laser facility**

★Invited Papers

*Hao Liu[1] (1.Laser fusion research center)

16:30 ~ 16:45

[PCG22-11] **Study on transport properties of liquid iron and iron alloy under high temperature and high pressure using the laser shock technique**

*宮西 宏併[1]、尾崎 典雅[2]、大村 訓史[3]、Marion Harmand[4]、Andy Krygier[5]、西川 豊人[2]、梅田 悠平[2]、重森 啓介[1]、坂和 陽一[1]、佐野 孝好[1]、兒玉 了祐[1,2] (1.大阪大学レーザー科学研究所、2.大阪大学工学研究科、3.広島工業大学工学部、4.IMPMC, Sorbonne Université、5.LLNL)

16:45 ~ 17:00

[PCG22-12] **Laser shock compression in LFRC**

*Liang Sun[1] (1.Laser Fusion Research Center, CAEP)

Dynamic Compression at Pohang X-ray Free Electron Laser Facility (PAL-XFEL)

*Yongjae Lee[1]

1. Yonsei University, Seoul, Korea

We have successfully commissioned dynamic compression studies at the Pohang X-ray Free Electron Laser facility (PAL-XFEL) in Korea by utilizing instrumentations at FXS (Femtosecond X-ray Scattering) –XSS (X-ray Scattering and Spectroscopy) beamline. As the first experiment, a polycrystalline iron foil has been illuminated by an 800 nm wavelength uncompressed optical laser with ~6 mJ in 150 ps pulse length, focused onto a 100 mm FWHM spot. The shock-compressed sample has then been probed by ca. 50 fs quasi-monochromatic (bandwidth 0.4%) X-ray pulse at an energy of ~10 keV with 10^{11} photons per pulse, focused to ca. 30 mm diameter using a CRL optics. The sample is positioned normal to the X-ray pulse at a distance of ca. 12 cm from a Rayonix mx225 detector in a way to cover 2q angles up to ca. 65 degrees. Single-shot diffraction measurements were performed with ca. 100 ps. increment up to one nanosecond. We demonstrate that PAL-XFEL can provide a unique opportunity in probing ultrafast lattice dynamics with sufficient spatial and temporal resolution in intermediate pressure regime.

Keywords: dynamic compression, laser shock, iron, X-ray free electron laser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploration of extreme melt states of silicate usign high-power laser and XFEL

*尾崎 典雅[1]
*Norimasa Ozaki[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

Recent experimental studies on silicate using high-power lasers and XFEL are reviewed.

キーワード：衝撃圧縮、高強度レーザー、ケイ酸塩化合物、X線自由電子レーザー
Keywords: Shock compression, High power laser, Silicate, X-ray free electron laser

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hugoniot measurements for silicate: Understanding silicate magma under the planetary impacts

*梅田 悠平[1]、尾崎 典雅[1]、関根 利守[2]、Bruno Albertazzi[3]、Alessandra Benuzzi-Mounaix[3]、Riccardo Bolis[3]、Marco Guaruaglini[3]、片桐 健登[1]、兒玉 了祐[1]、Michel Koeing[3]、宮西 宏併[4]、森岡 信太郎[1]、西川 豊人[1]、大井 修吾[5]、Alessandra Ravasio[3]、坂和 洋一[4]、佐野 孝好[4]、佐藤 友子[6]

*Yuhei Umeda[1], Norimasa Ozaki[1], Toshimori Sekine[2], Bruno Albertazzi[3], Alessandra Benuzzi-Mounaix[3], Riccardo Bolis[3], Marco Guaruaglini[3], Kento Katagiri[1], Kodama Ryosuke[1], Michel Koeing[3], Kohei Miyanishi[4], Shintaro Morioka[1], Toyohito Nishikawa[1], Syugo Ohi[5], Alessandra Ravasio[3], Yoichi Sakawa[4], Takayoshi Sano[4], Tomoko Sato[6]

1. 大阪大学大学院工学研究科、2. HPSTAR、3. エコールポリテクニーク、4. 大阪大学レーザー科学研究所、5. 滋賀大学、6. 広島大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Engineering, Osaka Univ., 2. Center for High Pressure Science & Technology Advanced Research, 3. Ecole Polytechnique, 4. Institute of Laser Engineering, Osaka University, 5. Shiga Univ., 6. Graduate School of Science, Hiroshima University

Two magnesium silicates of $MgSiO_3$(Enstatite) and Mg_2SiO_4(Forsterite) are primary mantle constitutions in the Earth and major components in Earth-type exoplanets.The ordinary chondrite, which accounts for about 90 % of all flying meteorites, consists of silicates as main components. The impacts at collision velocities exceeding 10 km/s are known as common events in the universe and such high energy phenomena could have played an important role to form planets or planetesimals and to evolve planetary environments. For example, a large-scale impact such as the giant impact related to the formation of moon was estimated to be at impact velocity of 15-20 km/s [Melosh, 1990].

In this study, Hugoniot equation of state (EOS) of enstatite has been determined at pressures of ~400 to 560 GPa by laser shock experiments. A coupling of both the present study and the previous data by Fratanduono et al. (2018) shows a discontinuity in the shock velocity-particle velocity at ~380-400 GPa. The measured reflectivity of shocked enstatite indicates three different trends relative to that of quartz; less steep slope at 300-345 GPa, parallel at 345-400 GPa, and a rapid increasing above ~400 GPa, suggesting different phases of enstatite melt, a mixture of metal-like liquid of $SiO_2$and crystalline MgO, and fluid-like enstatite melt above ~380 GPa. We also calculated the release state of thin enstatite using quartz on it as a reference. These results on enstatite imply that reactions in silicate magma occur at pressures of 300-400 GPa and that they may affect the current planet formation model in terms of the stratification of interior, the mantle convection, and the formation of magnetic field in Super-Earths.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An experimental design to determine iron melting at the Earth’s core conditions via in-situ X-ray diffraction technique at high power laser facility

*Hao Liu[1]

1. Laser fusion research center

Phase diagram of iron at the Earth’s core conditions is mandatory for determining the states at the core boundaries and the crystal structure of the solid core. Up to date, the iron phase diagram at high pressure has been investigated experimentally by both static compression (diamond-anvil cell) and dynamic compression (shock wave) techniques. However, the discrepancies among different researches on melting line of iron are still irreconciled. Combining in-situ transient X-ray diffraction and laser compression technique, we propose an investigation which could determine the melting line of iron or the high-pressure high-temperature phase from the lattice level. In this research, high power lasers are applied to drive the iron into melting state. X-ray diffraction pattern interpretation and the criteria for judging iron melting are of great importance. Traditionally, the existence of diffraction peak is used as the only criteria to determine if melting occurs. Nevertheless, this is not enough for shock loading with high heating rate, where the pre-melting or superheating phenomenon occurs. Under these conditions, the diffraction peaks could either disappear at temperature below the melting line or remain even above the melting line. This could lead to misinterpretation for melting temperature. However, the two-dimensional shape of diffraction pattern will change. When melting initiates, the shear modulus of the highly stressed material disappears and the diffraction pattern changes into an ideally circled shape. Therefore, with the information of two-dimensional diffraction pattern, we can make the melting criteria, from the lattice level, more sound and clear. This method could provide experimental judgment with higher precision, which might reconcile the discrepancies on melting temperature of iron at the Earth’s core conditions.

Keywords: laser shock, in-situ x-ray diffraction, iron melting, earth core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on transport properties of liquid iron and iron alloy under high temperature and high pressure using the laser shock technique

Study on transport properties of liquid iron and iron alloy under high temperature and high pressure using the laser shock technique

*宮西 宏併[1]、尾崎 典雅[2]、大村 訓史[3]、Marion Harmand[4]、Andy Krygier[5]、西川 豊人[2]、梅田 悠平[2]、重森 啓介[1]、坂和 陽一[1]、佐野 孝好[1]、兒玉 了祐[1,2]
*Kohei Miyanishi[1], Norimasa Ozaki[2], Satoshi Ohmura[3], Marion Harmand[4], Andy Krygier[5], Toyohito Nishikawa[2], Yuhei Umeda[2], Shigemori Keisuke[1], Youichi Sakawa[1], Takayoshi Sano[1], Ryosuke Kodama[1,2]

1. 大阪大学レーザー科学研究所、2. 大阪大学工学研究科、3. 広島工業大学工学部、4. IMPMC, Sorbonne Université、5. LLNL
1. Institute for Laser Engineering, Osaka University, 2. Graduate school of engineering, Osaka University, 3. Faculty of Engineering, Hiroshima Institute of Technology, 4. IMPMC, Sorbonne Université, 5. LLNL

Information on the thermal and electrical transport properties of iron alloys under high-pressure and high-temperature conditions corresponding to the earth’ s outer core is necessary to clarify the convection phenomena of the earth and the cooling history. In particular, the transport properties in the outer core–mantle boundary condition strongly influence the mantle convection, the outer core convection generating the earth's magnetic field, the growth and inner flow of the inner core, and so on. However, there are very few experimental examples concerning high-pressure and high-temperature liquid iron/iron-alloy which correspond to the outer core conditions, and only a few cases have been reported for pure iron [1]. It is required to investigate transport coefficients of liquid iron alloys containing light elements to simulate actual outer core, experimentally. Laser shock compression technique has several advantages to exploring iron-alloys under high-pressure and high-temperature condition. As there is no mechanical restriction on pressure generation, producing the pressure of even TPa is easy, and high heating rate exceeding 10^{15}K / s is possible, and it is a closed system that is not affected by surroundings. Therefore the technique is effective for generation and observation of high-pressure and high-temperature liquid iron-alloys. In this research, we report optical reflectivity, pressure and temperature measurements of laser shock compressed iron and iron-silicon (Fe-Si) alloy at and above the earth's outer core conditions.

Target assemblies containing polypropylene (CH), aluminum, quartz, iron or iron-silicon alloy and magnesium oxide (MgO) window were shock compressed by laser ablation at the GEKKO XII laser facility, the Institute of Laser Engineering, Osaka University. Iron and iron-silicon alloy were formed by electron beam evaporation on the MgO window. Laser beams with a wavelength of 527 nm were focused onto the target. A focal spot was 1 mm in diameter with a flat-top spatial intensity distribution resulting in a planar shock front. Temporal shape of the laser pulse was approximately a flat-top with a full-width at half-maximum of 2.5 ns. The velocity interferometer system for any reflector (VISAR) measure a particle velocity and a reflectivity at the interface between iron or iron-silicon alloy and MgO. The Ppressure was evaluated using measured particle velocity and a known equation of state of MgO[2]. The optical pyrometer measures the temperature at the interface through the MgO window.

The pressures determined from the measurement results were from 200 to 400 GPa, and the temperatures were up to 15000 K. In the pressure range exceeding 200 GPa, in the case of iron, a

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

decrease in reflectivity was observed as the pressure increased, whereas in the case of the iron-silicon alloy, a continuous increase following a discontinuous decrease in the reflectivity was observed. The decrease in reflectivity of iron suggests a decrease in electronic conductivity due to temperature rise with increasing pressure. On the other hand, the continuous rise seems to indicate an increase in the density of free electrons derived from silicon.

[1] K. Ohta, Y. Kuwayama, K. Hirose, K. Shimizu, Y. Ohisi: Nature, 534, 95-98 (02 June 2016).

[2] S. Root, L. Shulenburger, R. W. Lemke et al.: Phys. Rev. Lett, 115, 198501 (2015).

キーワード：iron
Keywords: iron alloy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Laser shock compression in LFRC

*Liang Sun[1]

1. Laser Fusion Research Center, CAEP

Shock compression is a major technique used for achieving high pressures dynamically. High-powered lasers are increasingly being used for dynamic loading of materials, especially for extreme high pressure. Ramp loading, a series of weak compress waves, is an another advantage for laser-based dynamics, which can be realized easily by the laser pulse shape and can be applied to compress material in much lower temperature under exoplanetary condition. In this talk, we will present our shock loading and X-Ray diagnostics abilities in LFRC and our shock experiment results. Our research progress will also be mentioned, especially in laser shock compression of iron and ramp compression of Al to 420 GPa. Several problems in the mineralogy of Super-Earth planets will also be mentioned in the end of this talk.

Keywords: laser shock compression, ramp compression, High-powered lasers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:西野 真木(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

9:00 ~ 9:30

Introduction

9:30 ~ 9:45

[PCG25-01] 「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4] (1.東京大学、2.東京農工大学、3.京都産業大学、4.国立天文台)

9:45 ~ 10:00

[PCG25-02] Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.LPC2E, CNRS)

10:00 ~ 10:15

[PCG25-03] Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4] (1.理化学研究所計算科学研究センター、2.東京大学大学院理学系研究科、3.千葉大学大学院理学研究科、4.フランス国立科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[PCG25-04] 水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1] (1.東京大学)

「アルマ太陽系天文学ビッグデータ」を用いた，タイタン大気微量分子時空間変動の観測的解明

On the observational constraint on time and spatial variation of Titan's atmospheric trace gases driven with the ALMA solar system big-data

*飯野 孝浩[1,2]、佐川 英夫[3]、塚越 崇[4]
*Takahiro IINO[1,2], Hideo Sagawa[3], Takashi Tsukagoshi[4]

1. 東京大学、2. 東京農工大学、3. 京都産業大学、4. 国立天文台
1. The University of Tokyo, 2. Tokyo Univ. of Agr. and Tech., 3. Kyoto Sangyo University, 4. NAOJ

タイタンの大気は，複雑な光化学過程によって生成される炭化水素や窒素化合物といった多様な微量分子の存在によって特徴づけられている．2017年に活動を終了したカッシーニ探査機は，微量分子の大規模な変動の観測的取得において重要な役割を果たした．例えば，南半球の高緯度領域ではシアン化水素やベンゼンの濃度の2011年から2015年にかけての1000倍の上昇など，大規模な変動を観測した．タイタンにおける複雑な大気科学過程の理解には，これら微量分子群の空間分布の長期的な観測が欠かせない．

ALMAはこの目的に適う測器である．我々はALMAにアーカイブされた大量のタイタンのキャリブレーション用データをいわゆる「FITSキューブ」形式に変換することで，巨大な分光データセットを生成した．タイタンの分光データの数は3000を超え，一酸化炭素（CO)やHCN,アセトニトリル（CH_3CN)，シアノアセチレン（HC_3N)といった分子群やその同位体群が明瞭に検出されている．

分子輝線強度マップの解析により，2015年の中旬から，HC_3N分子の北半球における輝線強度は南半球よりも弱くなったことが示された．一方で，他の窒素化合物（HCNおよびCH_3CN)の輝線強度は未だ北半球で卓越しており，これらの差異は紫外線量や全球循環といった季節変動要因が分子の生成・破壊過程に与える影響の違いを反映していると考えられる．今後は鉛直分布の最尤解を導出する「大気リトリーバル」計算コードについて，膨大なデータセットに対して半自動的に適用できるよう改良することで，分子の3次元分布を定量的に導出し，分子の生成・破壊過程の制約を目指す．

キーワード：タイタン、アルマ、惑星大気
Keywords: Titan, ALMA, Planetary atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transport and energization of planetary ions in the magnetospheric flanks of Mercury

*相澤 紗絵[1]、Dominique Delcourt[2]、寺田 直樹[1]
*Sae Aizawa[1], Dominique Delcourt[2], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. LPC2E, CNRS
1. Graduate School of Science,Tohoku University, 2. LPC2E, CNRS

The transport and energization of planetary ions within Kelvin-Helmholtz (KH) vortices developing in the magnetospheric flanks of Mercury are investigated using both numerical methods and data analysis. Due to the presence of heavy ions of planetary origin (e.g., O^+, Na^+, and K^+) and the complicated field structure present during the KH vortex development, the scale of electric field variations can be comparable to that of the ion gyromotion. Therefore, ions may experience non-adiabatic energization as they drift across the magnetopause. In this study, we focus on the effects of the spatial/temporal variations of the electric field along the ion path. We show that the intensification, rather than the change in orientation, is responsible for large non-adiabatic energization of heavy ions of planetary origin. This energization systematically occurs for ions with low initial energies in the direction perpendicular to the magnetic field. The energy gain is of the order of the energy corresponding to the maximum *ExB* drift speed. It is also found that the ion transport across the magnetopause is controlled by the orientation of the magnetosheath electric field. Analyzing data from MESSENGER allow us to compare the observational facts with our numerical results. We find that the counts of Na^+-group detected by FIPS increase with the existence of KH waves, which is consistent with our numerical results. Although some differences in the energy distribution are expected in our numerical results, the data show no significant differences. This will be the subject of further studies using the newly developed BepiColombo instruments.

キーワード：非断熱加速、水星磁気圏、FIPS/MESSENGER、ケルビン-ヘルムホルツ不安定
Keywords: Non-adiabatic energization, Mercury's magnetosphere, FIPS/MESSENGER, Kelvin-Helmholtz instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring the real-time prediction of Mercury's magnetosphere

*八木 学[1]、関 華奈子[2]、松本 洋介[3]、Dominique Delcourt[4]、Francois Leblanc[4]
*Manabu Yagi[1], Kanako Seki[2], Yosuke Matsumoto[3], Dominique C. Delcourt[4], Francois Leblanc[4]

1. 理化学研究所計算科学研究センター、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 千葉大学大学院理学研究科、4. フランス国立科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Graduate School of Science, University of Tokyo, 3. Graduate School of Science, Chiba University, 4. The National Center for Scientific Research

Observations by MESSENGER found that Mercury's magnetosphere is analogous to the Earth's while there are several differences of the two. Big differences from the Earth's magnetosphere are strong IMF-Bx component and dipole offset which could affect to the global configuration of Mercury's magnetosphere. In this study, first we performed many cases of MHD simulation solving an interaction with solar wind plasma and offset dipole of Mercury. Solar wind densities are given betwenn nominal(35cm^{-3}), high(70cm^{-3}), and extreme(140cm^{-3}), with velocities for 400km/s to 800km/s, which are realistic values in the Mercury's orbit. When solar wind density is nominal and no IMF-Bx, the structure of Mercury’s magnetosphere is not far from ‘miniature’ of Earth’s magnetosphere, while north-south asymmetry is outstanding because of the offset dipole. In the realistic IMF case, global configurations of magnetosphere drastically change and become more complicated structures which include stronger north-south and dawn-dusk asymmetry. IMF-Bx also affects to the intensity ratio of north and south cusp pressure. IMF-By component “twist” the cusp region to longitudinal direction. The heavy ions’ trajectories basically obey the global structure of magnetic field, so that the ions’ precipitation concentrate on the ‘magnetic cusp’ defined from MHD simulations, but the precipitation region is wider and diffusive compared to the MHD cusp. In the presentation, we will discuss more details of heavy ion precipitation pattern. The identification of global structures and ions’ precipitation region especially the cusp is important not only on the understanding of magnetospheric physics itself, but also making a proposal to the observational plan of spacecraft such as Bepi-Colombo.

キーワード：水星、磁気圏、磁気流体
Keywords: Mercury, magnetosphere, MHD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水星大気の生成散逸に対する熱脱離およびイオンスパッタリングの寄与に関するモデル研究

Model study on the contribution of various physical processes for generation and dissipation of Mercury's exosphere

*鈴木 雄大[1]、吉岡 和夫[1]
*Yudai Suzuki[1], Kazuo Yoshioka[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

水星は非常に希薄な大気（~1e-10 Pa）を保持しているが、常時強い太陽光圧や太陽風に晒されている上に重力が小さいため、非常に多くの気体が宇宙空間へと散逸している。外気圏が地表に直接接続しているため、水星大気の生成量・散逸量は周囲の環境に応じて劇的に変化する。

外気圏を構成する元素は主にNa, Mg, H, K, Ca, He等であるが、このうちH, Heは太陽風、それ以外の元素は水星表面からの脱離によって供給されると考えられている。脱離プロセスとしては例えば熱脱離、光励起脱離、イオンスパッタリング、微小隕石衝突等が考えられている。熱脱離量は公転に伴う太陽-水星間距離の変動による表面温度の変化、光励起脱離量は太陽活動度の変化による太陽放射の変動、イオンスパッタリングによる脱離量は太陽風の変動や太陽フレアによる水星周辺のプラズマ量の変化、微小隕石衝突による脱離量は水星周辺のダスト量によって変動する。従って、それぞれの過程による水星大気の生成量を推定することは太陽系内縁環境の理解に繋がる。

生成過程ごとに放出される粒子の速度分布が異なるため、現在はMESSENGER探査機の観測データから得られる大気鉛直密度分布から放出温度を推定し、水星大気生成への各過程の寄与を推定することが多い。しかし、特に高温成分の気体の存在量の推定精度に問題があるほか、探査機の軌道の都合上、中緯度帯および北半球高緯度の大気生成過程の推定が非常に困難である。

熱脱離は、粒子に与えるエネルギーが小さく、放出粒子が再度地表に戻るまでのタイムスケールが水星の自公転周期に比べて十分に短くなる（~10分）ので、地表面におけるNa原子の分布を支配していると考えられる。また、イオンスパッタリングは中高緯度で多く生じるため、MESSENGERが苦手とする中緯度および北半球高緯度における大気の生成にも大きく寄与していると考えられる。

本研究では特に熱脱離とイオンスパッタリングに着目して水星における中性Na粒子の生成から散逸までの挙動をモンテカルロ法によりシミュレーションする。さらにこの結果とMESSENGER MASCS UVVSの観測データを比較し、熱脱離とイオンスパッタリングの水星大気生成への寄与について議論する。

キーワード：水星、希薄大気、外気圏、熱脱離、イオンスパッタリング
Keywords: Mercury, tenuous atmosphere , exosphere, thermal desorption, charged particle sputtering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:中川 広務(東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野)、関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

10:45 ~ 11:00

[PCG25-05] 国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム (1.宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所)

11:00 ~ 11:15

[PCG25-06] A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

*Chuanfei Dong[1]、Liang Wang[1]、Ammar Hakim[1]、Amitava Bhattacharjee[1]、James A Slavin[2]、Gina A DiBraccio[3]、Kai Germaschewski[4] (1.Princeton University、2.University of Michigan, Ann Arbor、3.NASA Goddard Space Flight Center、4.University of New Hampshire)

11:15 ~ 11:30

[PCG25-07] 地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.成蹊大学理工学部)

11:30 ~ 11:45

[PCG25-08] The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2]、Robin Ramstad[1]、Yaxue Dong[1]、Tristan Weber[1]、Shogo Inui[2]、Kanako Seki[2]、Andrew Poppe[3]、Riku Jarvinen[4]、Jim McFadden[3]、Jasper Halekas[5]、Jared Espley[6]、David Mitchell[3]、Laila Andersson[1]、Bruce Jakosky[1] (1.University of Colorado、2.University of Tokyo、3.University of California Berkeley、4.Finnish Meteorological Institute、5.University of Iowa、6.NASA Goddard Space Flight Center)

11:45 ~ 12:00

[PCG25-09] Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.東北大学大学院理学研究科、3.情報通信研究機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5.京都大学生存圏研究所)

12:00 ~ 12:15

[PCG25-10] Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1]、Chuanfei Dong[2]、Dave A Brain[1]、Steve Bougher[3]、Christina Lee[4]、Rob Lillis[4]、Shannon Curry[4]、Bruce Jakosky[1] (1.Univ. of Colorado Boulder、2.Princeton Univ.、3.Univ. of Michigan、4.Univ. of California Berkeley)

国際水星探査計画ベピコロンボの最新状況と科学課題
Updated status and science goals of the BepiColombo mission

*村上 豪[1]、早川 基[1]、藤本 正樹[1]、ベピコロンボ プロジェクトチーム
*Go Murakami[1], Hajime Hayakawa[1], Masaki Fujimoto[1], BepiColombo Project Team

1. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

The ESA-JAXA joint mission BepiColombo is now on the track to Mercury. Two spacecraft for BepiColombo, "MIO" (Mercury Magnetospheric Orbiter: MMO) and "Bepi" (Mercury Planetary Orbiter: MPO), were launched by Ariane-5 launch vehicle from Kourou in French Guiana on 20 October 2018. During the cruise to Mercury, in addition to two spacecraft MMO Sunshield and Interface Structure (MOSIF) and Mercury Transfer Module (MTM) are all integrated together. The critical phase just after launch and the near Earth commissioning phase were successfully finished in end of 2018, and the first electrical propulsion started from Decemeber 2018. The next activities are delta commissioning of high voltage instruments in mid 2019, and the first flyby around the Earth in April 2020. Here we report the updated status of BepiColombo mission and the overview of its science goals.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Novel High-Moment Multifluid Model for Mercury: From the Planetary Conducting Core to the Dynamic Magnetosphere

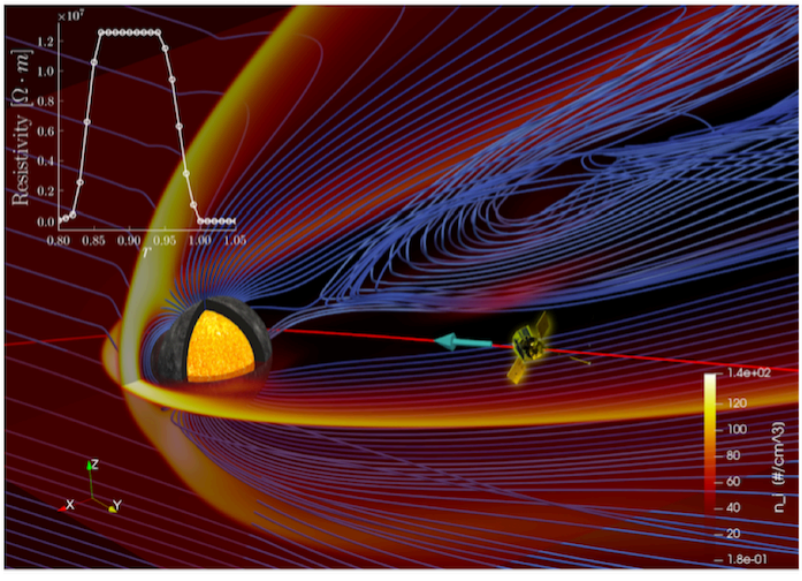
*Chuanfei Dong[1], Liang Wang[1], Ammar Hakim[1], Amitava Bhattacharjee[1], James A Slavin[2], Gina A DiBraccio[3], Kai Germaschewski[4]

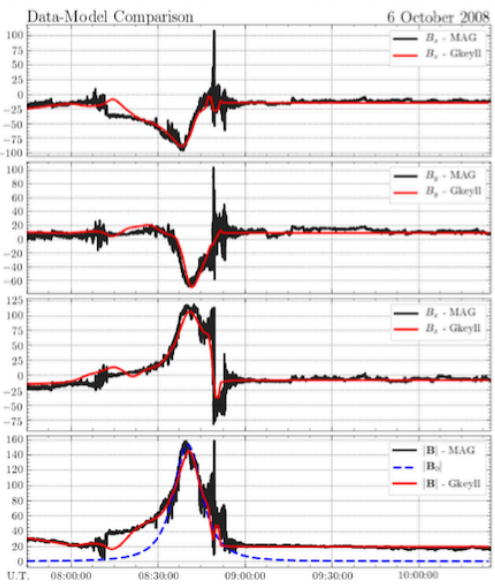
1. Princeton University, 2. University of Michigan, Ann Arbor, 3. NASA Goddard Space Flight Center, 4. University of New Hampshire

We have developed a novel three-dimensional ten-moment multifluid model and applied it to investigate the tightly coupled interior-magnetosphere system of Mercury. This new multifluid model self-consistently solves the continuity, momentum and pressure tensor equations of each species, together with the full Maxwell equations. As a result, non-ideal effects including the Hall effect, inertia, and tensorial pressures are self-consistently embedded without the need for explicitly solving a generalized Ohm's law.

Our simulation results from this new model are in good agreement with observations from MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry, and Ranging (MESSENGER) spacecraft. The model is able to reproduce the magnetic field vectors, field-aligned currents and cross-tail current sheet asymmetry observed by MESSENGER. We also investigate collisionless magnetic reconnection in Mercury's magnetotail and at dayside magnetopause. In addition, we study the magnetospheric response of Mercury to a hypothetical extreme event with an enhanced solar wind dynamic pressure, which demonstrates the significance of electromagnetic induction effects resulting from the coupled interior. Moreover, two plasmoids (or flux ropes) are formed in Mercury's cross-tail current sheet during this hypothetical extreme event, indicating the extremely dynamic nature of Mercury's magnetotail. Thus, this novel high-moment, multifluid, interior-magnetosphere-coupled model is crucial for understanding Mercury's dynamic magnetosphere and has the potential to enhance the science returns of both the MESSENGER and BepiColombo missions.

Keywords: Mercury's dynamic magnetosphere, ten-moment multifluid model, induction effect, tightly coupled interior-magnetosphere system, collisionless magnetic reconnection, extreme events





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球型惑星における遅進流体力学的散逸のDSMC シミュレーション
DSMC simulation of slow hydrodynamic escape from terrestrial planets

寺田 香織[1]、*寺田 直樹[1]、藤原 均[2]
Kaori Terada[1], *Naoki Terada[1], Hitoshi Fujiwara[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 成蹊大学理工学部
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Faculty of Science and Technology, Seikei University

大気獲得直後の地球型惑星の大気組成進化を理解するために、流体力学的散逸からジーンズ散逸へと変遷する期間における遅進流体力学的散逸による大気散逸率を DSMC シミュレーションにより求めた。

形成間もない恒星は、強い極端紫外線を放射する。例えば、45 億年前の太陽の極端紫外線は、現在よりも100 倍以上強かったとみられる。原始惑星系円盤から形成された惑星は、円盤ガスの捕獲や衝突脱ガスにより大気を獲得するが、その大気は中心星からの強い極端紫外線に照射されることにより加熱され、宇宙空間に大量に流出する。

大気の散逸率には限界があり、どれだけ強い極端紫外線に曝されても、エネルギー律速で決まる散逸率以上の大気の散逸は起こらない。このエネルギー律速で決まる散逸率での大気散逸が起こっている状態は流体力学的散逸の一状態である。やがて、時間の経過とともに中心星の極端紫外線の強度は弱まり、惑星の大気は現在の地球のような静水圧平衡状態に落ち着く。静水圧平衡状態で起こるジーンズ散逸の散逸率と流体力学的散逸率の研究は進んでいるが、その間の期間の遅進流体力学的散逸の散逸率は理解が進んでいない部分が多い。

大気の散逸率は大気組成によっても左右される。先行研究により、地球のような大気組成の惑星は、現在の太陽の 20 倍の強さの極端紫外線に曝されると、その大気が10000 K を超えるまで加熱され、流体力学的散逸が起こることが明らかになっている。一方、CO2 が大量に存在する火星のような惑星では、CO2 の赤外放射による冷却効果があるため、地球ほどの大気の温度上昇は起こらない。それでも、現在の 20 倍の強さの極端紫外線の下での火星大気の温度が約 2500 K に達し、静水圧平衡が成立していないことが先行研究の流体シミュレーションによって示唆されている。

我々は、異なる強さの極端紫外線強度のもとに DSMC シミュレーションを行い、地球のような惑星、火星のような惑星からの大気散逸率を求めた。粒子シミュレーションモデルを使うことにより散逸率を自己無撞着に解くことを可能にした。大気獲得直後の惑星大気組成進化を理解するために、本発表では流体力学的散逸から遅進流体力学的散逸を経てジーンズ散逸へと変遷する期間の分子種ごとの散逸率を示す。

キーワード：大気散逸、地球型惑星、DSMC シミュレーション
Keywords: Atmospheric escape, Terrestrial planets, DSMC simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape

*Dave A Brain[1,2], Robin Ramstad[1], Yaxue Dong[1], Tristan Weber[1], Shogo Inui[2], Kanako Seki[2], Andrew Poppe[3], Riku Jarvinen[4], Jim McFadden[3], Jasper Halekas[5], Jared Espley[6], David Mitchell[3], Laila Andersson[1], Bruce Jakosky[1]

1. University of Colorado, 2. University of Tokyo, 3. University of California Berkeley, 4. Finnish Meteorological Institute, 5. University of Iowa, 6. NASA Goddard Space Flight Center

At present the influence of Martian crustal magnetic fields on atmospheric escape rates is debated. Since Mars lacks a significant global dynamo magnetic field, the presence of strong crustal fields over a significant fraction of the surface could shield portions of the atmosphere from the incident solar wind. The crustal fields could also allow or even enhance atmospheric escape through numerous cusp regions that are magnetically connected to the solar wind. This issue is of interest because the answer has implications for how atmospheric escape has operated on Mars over the history of the planet, including earlier times when Mars was more widely magnetized or even possessed a dynamo field. It is also relevant for assessing whether a global magnetic field is important for atmospheric retention. To this point, both modeling and observational studies appear to disagree on whether crustal fields significantly influence the escape of ions.

We will present the results of a new analysis of ion measurements from the Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) spacecraft mission made over four years. We examine how escape rates vary as Mars rotates and as a function of the solar zenith angle of strong crustal fields, including the dependence on ion energy and species. We also explore whether ion escape rates are larger, in a global sense, above crustal fields compared to non-magnetized regions. Finally, we introduce recent results relevant for evaluating ion escape from individual cusps, including from kinetic models of Martian cusp regions.

Keywords: Mars, Atmospheric escape, Magnetospheres

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of the IMF direction on atmospheric escape under a weak intrinsic magnetic field at Mars

*堺 正太朗[1]、関 華奈子[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、坂田 遼弥[1]、田中 高史[3,4]、海老原 祐輔[5]
*Shotaro Sakai[1], Kanako Seki[1], Naoki Terada[2], Hiroyuki Shinagawa[3], Ryoya Sakata[1], Takashi Tanaka[3,4], Yusuke Ebihara[5]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 情報通信研究機構、4. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター、5. 京都大学生存圏研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University, 5. Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

The planetary intrinsic magnetic field is significantly important in considering the atmospheric escape from planets. The strength of intrinsic field particularly affects the interaction between the solar wind and terrestrial-type planets (e.g., Seki et al., 2001), and it would change the escape mechanism. In contrast, Mars would have kept the warm and wet climate around 4 Ga. However, atmosphere and water are lost by certain processes, resulting in that present Mars only leave thin atmosphere. One candidate of the escape mechanism is the ion outflow from the upper atmosphere associated with the magnetic field. It is expected that ancient Mars had a global intrinsic magnetic field because there exists the crustal magnetic field in present Mars, and thus investigating the effect of intrinsic magnetic field on the ion escape leads to understanding the climate change of Mars from past through present.

Sakai et al. (2018) investigated the effect of an intrinsic magnetic field of 100 nT at the Martian equatorial surface on the escape mechanism. It was shown that the existence of the weak field results in an enhancement of the ion escape rate. A parker-spiral interplanetary magnetic field (IMF) was used in order to obtain the escape rate in this earlier study.

In this study, influences of the IMF direction on the ion escape mechanism under the intrinsic magnetic field of 100 nT at the equatorial surface are investigated based on global multispecies single-fluid magnetohydrodynamics simulations (Terada et al., 2009; Sakai et al., 2018). Ion escape processes from Mars under two IMF conditions, namely, a northward and southward cases, are compared to those of the parker-spiral case. For the parker-spiral case, heavy ions escape through the channel associated with the open field lines and another channel associated with a magnetic reconnection between the planetary and solar wind magnetic fields at the flank magnetopause (Sakai et al., 2018). For the north-IMF case, the heavy ions mainly escape through the open or draped field lines formed by double lobe reconnections. The escape rate of heavy ions is about one order of magnitude smaller than for the parker-spiral IMF case and it is even smaller than for the no-dipole case. On the other hand, the heavy ions escape by the mass loading of draped field lines in the ionosphere for the south-IMF case. The escape rate of heavy ions is about one order of magnitude greater than for the parker-spiral case. For the north-IMF case, the interaction of the weak intrinsic magnetic field and IMF forms the firm magnetosphere, resulting in suppressing the ion escape. In contrast, the erosion of IMF into the deep ionosphere yields the increment of the ion escape rate for the south-IMF case.

References:

1. Sakai, S., Seki, K., Terada, N., Shinagawa, H., Tanaka, T., & Ebihara, Y. (2018). Effects of a weak intrinsic magnetic field on atmospheric escape from Mars. *Geophys. Res. Lett.*, *45*, 9336-9343.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

https://doi.org/10.1029/2018GL079972
2. Seki, K., Elphic, R. C., Hirahara, M., Terasawa, T., & Mukai, T. (2001). On atmospheric loss of oxygen ions from Earth through magnetospheric processes. *Science*, *291*, 1939-1941. https://doi.org/10.1126/science.1058913
3. Terada, N., Kulikov, Y. N., Lammer, H., Lichtenegger, H. I. M., Tanaka, T., Shinagawa, H., & Zhang, T. (2009). Atmospheric and water loss from early Mars under extreme solar wind and extreme ultraviolet conditions. *Astrobiology*, *9*, 55-70. https://doi.org/10.1089/ast.2008.0250

キーワード：火星、大気流出、固有磁場、惑星間空間磁場、MHDシミュレーション
Keywords: Mars, Atmospheric escape, Intrinsic magnetic field, Interplanetary magnetic field, MHD simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Simulating solar energetic electron precipitation and drift at Mars

*Rebecca Jolitz[1], Chuanfei Dong[2], Dave A Brain[1], Steve Bougher[3], Christina Lee[4], Rob Lillis[4], Shannon Curry[4], Bruce Jakosky[1]

1. Univ. of Colorado Boulder, 2. Princeton Univ., 3. Univ. of Michigan, 4. Univ. of California Berkeley

Solar disturbances release energetic charged particles that are expected to directly precipitate into the atmospheres of weakly magnetized planets like Mars. However, draped magnetic fields can influence the motion of energetic electrons. Using a test particle model of 1 keV - 100 keV electrons moving in magnetic fields from a multifluid magnetohydrodynamic simulation, we find that energetic electrons with steep pitch angles are affected by gradient drifts over the dayside of Mars. For an interplanetary magnetic field directed in the away sector, electrons will drift southwards, perpendicular to the direction of the draped magnetic field. Gradient drifts at Mars can facilitate increased precipitation by directing electrons towards the magnetized southern hemisphere and into magnetic field cusps. These findings suggest energetic electrons precipitate non-uniformly and are attenuated at low altitudes above the dayside northern hemisphere of Mars.

Keywords: Mars, solar energetic particles, gradient drift, particle precipitation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A05 東京ベイ幕張ホール

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)、座長:今村 剛(東京大学大学院新領域創成科学研究科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

13:45 ~ 14:00

[PCG25-11] Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東北大学大学院理学研究科、3.国立研究開発法人情報通信開発機構、4.九州大学国際宇宙天気科学・教育センター)

14:00 ~ 14:15

[PCG25-12] Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4] (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.成蹊大学、3.情報通信研究機構、4.LASP, コロラド大学、5.Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6.東京大学、7.アリゾナ大学、8.LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL)

14:15 ~ 14:30

[PCG25-13] Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7] (1.東北大学大学院 理学研究科、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3.Computational Physics, Inc., USA、4.成蹊大学 理工学部、5.東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6.Naval Research Laboratory, Washington, USA、7.Department of Planetary Sciences, University of Arizona)

14:30 ~ 14:45

[PCG25-14] 深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[2] (1.滋賀県立大学工学部、2.滋賀県立大学大学院工学研究科)

14:45 ~ 15:00

[PCG25-15] アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1] (1.宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2.京都産業大学理学部、3.東京農工大学科学博物館、4.情報通信研究機構、5.東北大学)

15:00 ~ 15:15

[PCG25-16] Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4] (1.高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2.Middle Tennessee State University、3.University of Iowa、4.Naval Research Laboratory)

Effects of the intrinsic magnetic field on the ion loss from ancient Mars

*坂田 遼弥[1]、関 華奈子[1]、堺 正太朗[1]、寺田 直樹[2]、品川 裕之[3]、田中 高史[3,4]
*Ryoya Sakata[1], Kanako Seki[1], Shotaro Sakai[1], Naoki Terada[2], Hiroyuki Shinagawa[3], Takashi Tanaka[3,4]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信開発機構、4. 九州大学国際宇宙天気科学・教育センター
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. International Center for Space Weather Science and Education, Kyushu University

Mars had a thick atmosphere before 4 Ga, but it lost most of them. Ion escape to space could play an important role in the atmosphere loss. The astronomical observations suggest that the solar XUV (X-ray and extreme ultra-violet) flux and the solar mass loss rate were more intense (Ribas et al., 2005; Wood et al., 2002). Previous studies pointed out that the ion loss was several orders of magnitude stronger under such intensified solar conditions (Terada et al., 2009a). On the other hand, the existence of the crustal magnetic field indicates that Mars had an intrinsic magnetic field before 4.1 Ga. The conventional idea is that the intrinsic magnetic field prevents the direct interaction between the solar wind and the atmosphere and thus restrains the ion loss (Lundin et al., 2007). On the contrary, some studies suggested that the existence of an intrinsic magnetic field promotes the ion loss (Sakai et al., 2018). Thus it is important to clarify the effect of the intrinsic magnetic field on the ion loss to understand the atmospheric evolution at Mars.

In this study, we investigated the ion loss processes from Mars under extreme solar conditions and the existence of an intrinsic magnetic field using a 3D multi-species MHD model (Terada et al., 2009b). The solar wind proton density, the solar wind velocity, and the solar XUV flux were assumed to be 1000 /cm^3, 2000 km/s, and 100 times higher than the present-day XUV flux, respectively. The interplanetary magnetic field was assumed to be in Parker spiral and its strength was 60 nT. These parameters are same as those used in Terada et al. (2009a). We conducted four cases of simulations with different intrinsic magnetic field conditions, i.e., dipole fields with the strength of 0 nT, 100 nT, 1000 nT, and 5000 nT on the equatorial surface.

In 0 nT case, there were two major ion loss processes: escape of O^+, O_2^+ and CO_2^+ from the polar region and pickup O^+ carried by the deflected solar wind. In 1000 nT case, O_2^+ and CO_2^+ mainly came from the dayside cusp region through open magnetic field lines. In 5000 nT case, O^+, O_2^+ and CO_2^+ fluxes had almost the same structure and originated from the dayside cusp region. In 0 nT, 100 nT, and 1000 nT cases, the loss rates of O_2^+ and CO_2^+ were higher under the existence of the stronger dipole field, while the O^+ loss rate was nearly the same in these three cases. In 5000 nT case, the loss rates of O_2^+ and CO_2^+ were about three orders of magnitude lower than those of the other weaker dipole cases, while the O^+ loss rate was five times lower. These results suggest that the existence of a weak intrinsic magnetic field facilitates the loss of heavier ions such as O_2^+ and CO_2^+, and there is a threshold strength of the intrinsic magnetic field for this facilitation effect.

References

Lundin, R., et al. (2007). Planetary magnetic fields and solar forcing: Implications for atmospheric evolution. *Space Sci. Rev.*, *129*(1–3), 245–278. doi:10.1007/s11214-007-9176-4
Ribas, I., et al. (2005). Evolution of the Solar Activity over Time and Effects on Planetary Atmospheres. I. High-Energy Irradiances (1-1700 Å). *ApJ*, *622*(1), 680. doi:10.1086/427977
Sakai, S., et al. (2018). Effects of a Weak Intrinsic Magnetic Field on Atmospheric Escape From Mars.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geophys. Res. Lett., *45*(18), 9336–9343. doi:10.1029/2018GL079972
Terada, N., et al. (2009). A three-dimensional, multispecies, comprehensive MHD model of the solar wind interaction with the planet Venus. *J. Geophys. Res.*, *114*(9), 1–11. doi:10.1029/2008JA013937
Terada, N., et al. (2009). Atmosphere and Water Loss from Early Mars Under Extreme Solar Wind and Extreme Ultraviolet Conditions. *Astrobiology*, *9*(1), 55–70. doi:10.1089/ast.2008.0250
Wood, B. E., et al. (2002). Measured Mass-Loss Rates of Solar-like Stars as a Function of Ageand Activity. *ApJ*, *574*(1), 412–425. doi:10.1086/340797

キーワード：太古火星、多成分MHDシミュレーション、大気散逸、固有磁場
Keywords: ancient Mars, multi-species MHD simulation, atmospheric escape, intrinsic magnetic field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global characterization of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Hannes Groller[7]、Roger Yelle[7]、Franck Montmessin[8]、Nicholas Schneider[4]、Scott England[5]、関 華奈子[6]、黒田 剛史[3]、藤原 均[2]、今村 剛[6]、寺田 香織[1]、吉田 奈央[1]、Justin Deighan[4]、Sonal Jain[4]、Bruce Jakosky[4]
*Hiromu Nakagawa[1], Naoki Terada[1], Hannes Groller[7], Roger Yelle[7], Montmessin Franck[8], Schneider M Nicholas[4], England Scott[5], Kanako Seki[6], Takeshi Kuroda[3], Hitoshi Fujiwara[2], Takeshi Imamura[6], Kaori Terada[1], Nao Yoshida[1], Justin I Deighan[4], Sonal K Jain[4], Bruce M Jakosky[4]

1. 東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2. 成蹊大学、3. 情報通信研究機構、4. LASP, コロラド大学、5. Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech、6. 東京大学、7. アリゾナ大学、8. LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL
1. Planetary Atmosphere Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Seikei University, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado, 5. Aerospace and Ocean Engineering, Virginia Tech, 6. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo, 7. Lunar and Planetary Laboratory Science, University of Arizona, 8. LATMOS, UVSQ/CNES/IPSL

Small-scale atmospheric waves, such as internal gravity waves, are recognized as an important part of the terrestrial climate system. They ubiquitously exist on the Earth’s upper atmosphere and affect the dynamics, composition, and thermal structure of the terrestrial middle atmosphere and thermosphere. Global characteristics of gravity waves on Earth have been extensively investigated over decades. On Mars, large fluctuations in density and temperature with short vertical wavelengths were first detected in Viking, Opportunity, Spirit, and Mars Pathfinder entry profiles. Wave amplitudes in the Martian atmosphere are larger than those in the terrestrial atmosphere and the important role of gravity waves of tropospheric origin in the middle atmosphere has been appreciated in early modeling studies. Gravity waves strongly affect the large-scale winds, thermal balance, density in the mesosphere and lower thermosphere. Since October 2014, NASA’s Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) mission have been performed comprehensive studies of the Martian atmosphere. In-situ measurements of the upper atmosphere, from 300 km down to 130 km, revealed that wavelike perturbations ubiquitously exist in ions and neutrals in the upper thermosphere. Wavelike perturbations have also been detected by remote sensing with the Imaging Ultraviolet Spectrograph (IUVS) onboard MAVEN at altitudes between 20 and 150 km. These IUVS measurements provide opportunities for investigating possible links between waves in the Martian troposphere and thermosphere.
In order to clarify a global characteristic of waves and its upward propagating processes, we use IUVS stellar occultation measurements to characterize a global distribution of waves in the middle atmosphere between 24 March 2015 and 12 April 2018 for two Martian Years. This study first revealed global characteristics of wave perturbations in the night side temperature profiles derived from MAVEN/IUVS stellar occultations at 20 - 160 km altitudes on Mars. The peak amplitudes of waves on Mars exceed 20 % which is larger than those in Earth’s mesosphere/thermosphere (~5-13 %). Perturbations were found to be notably large in summer hemisphere at L_s = 0-180. These waves can be interpreted as resulting from superposed harmonics of internal gravity waves and thermal tides. The superposition of thermal-tides and small-scale perturbations generate extensive instability layer around 70 - 100 km, which potentially causes wave-breaking and turbulences. Vertical wavenumber spectral density in the Martian middle atmosphere shows a power-law dependence with the logarithmic spectral slope of -3. This is similar to the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

features seen in the Earth’ s atmosphere. The spectral density in southern hemisphere at L_s = 225-315 tends to follow the semi-empirical spectrum of saturated gravity waves on the high-wavenumber side. The spectral power at high-wavenumbers is lower at 80 - 160 km than that at 20 - 80 km. This suggests that the strong radiative damping by CO_2 15-micron could effectively dissipates shorter waves. Instead, the spectral power at low-wavenumbers suggests the amplitude growth with height of unsaturated waves toward upper thermosphere.

キーワード：火星、中間圏、熱圏、大気波動、熱潮汐
Keywords: Mars, mesosphere, thermosphere, waves, tides

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variation of the dayside N_2/CO_2 at 140 km altitude derived from MAVEN/IUVS

*吉田 奈央[1]、中川 広務[1]、寺田 直樹[1]、Nicholas Schnider[2]、Scott Evans[3]、Sonal Jain[2]、藤原 均[4]、今村 剛[5]、Justin Deighan[2]、Ian Stewart[2]、Michael Stevens[6]、Roger Yelle[7]
*Nao Yoshida[1], Hiromu Nakagawa[1], Naoki Terada[1], Nicholas Schnider[2], Scott Evans[3], Sonal Jain[2], Hitoshi Fujiwara[4], Takeshi Imamura[5], Justin Deighan[2], Ian Stewart[2], Michael Stivens[6], Roger Yelle[7]

1. 東北大学大学院 理学研究科、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA、3. Computational Physics, Inc., USA、4. 成蹊大学 理工学部、5. 東京大学大学院 新領域創成科学研究科、6. Naval Research Laboratory, Washington, USA、7. Department of Planetary Sciences, University of Arizona
1. Dep. Geophysics Graduate School of Science Tohoku University, 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, Boulder, USA, 3. Computational Physics, Inc., Springfield, Virginia, USA, 4. Faculty of Science and Technology, Seikei University, 5. Department of Complexity Science and Engineering, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 6. Naval Research Laboratory, Washington, USA, 7. Department of Planetary Sciences, University of Arizona

It is believed that liquid water was abundant on early Mars, despite Mars being too cold today to sustain significant amounts of liquid water. The most likely explanation is that early Mars had a more-effective greenhouse atmosphere and most part of atmosphere and water have lost to space. Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN (MAVEN) mission was designed to explore the loss of gas to space at the present. MAVEN spacecraft revealed highly variable nature of upper atmosphere in density, temperature, and atmospheric compounds (e.g. Mahaffy et al., 2015; Elrod et al., 2017; Stone et al., 2018; Slipski et al., 2018). However, the controlling factor of the variations has yet to be fully characterized due to the limited spatial- and temporal- observing geometry by in-situ measurements. In addition to the effects by the external force, such as solar wind and solar EUV on the upper atmosphere, the effect of lower atmospheric phenomena is also required to account for the substantial variations of upper atmosphere. For instance, the homopause (~120 km altitude) influences the upper thermospheric composition, thereby the species escaping to space [Imamura et al., 2016]. The fractionation between the homopause and exobase determines the relative abundance of species to escape to space [Jakosky et al., 2017]. For this purpose, further investigation around atmospheric boundary from the middle atmosphere to lower thermosphere is crucial for understanding regional coupling between lower and upper atmosphere.
We have investigated the seasonal variation of the N_2/CO_2 ratio at 140 km altitude derived from ultraviolet spectroscopy remote-sensing measurements by Imaging Ultraviolet Spectrograph (IUVS) aboard MAVEN. We used the dataset of level 2 version 13 revision 1 data provided by the Planetary Data System, which includes retrieved CO_2 and N_2 number density profiles derived from dayglow emissions. We analyzed N_2 and CO_2 number densities observed from October 2014 to May 2018. Observations cover in the dayside from 7 to 19 hr. The observations covered almost all solar longitudes within the two Martian Years. The retrieved CO_2 density has small uncertainty but the retrieved N_2 density has relatively larger uncertainty in particular above ~170 km due to the dimmer emission intensity. For precise analysis of the N_2/CO_2 ratio, we confine our analysis to the data at 140 km altitude where N_2/CO_2 has uncertainty less than 50%. We found that the N_2/CO_2 ratio at 140 km altitude significantly varies in the range of 0.02 to 0.20, which shows an annual sinusoidal trend. The higher ratio appears during aphelion and the lower ratio appears during perihelion. CO_2 and N_2 number densities also have similar annual variations. It is noted that the CO_2 density varies by a factor of 100, while N_2 density by a factor of 10. This large CO_2 variation affects the N_2/CO_2 ratio at 140 km. The potential sources of the seasonal variation we found are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variations (1) of the surface mixing ratio, (2) of the homopause altitude, and (3) of the thermospheric temperature. In this paper, the effect of surface mixing ratio is discussed using Mars Climate Database version 5.3 [Forget et al., 1999; Lewis et al., 1999]. We also address the effects of other sources by considering the seasonal variation of homopause altitude [Slipski et al., 2018] and background temperature [Bougher et al., 2017; Stone et al., 2018].

キーワード：熱圏、混合比、均質圏界面、MAVEN、散逸
Keywords: Thermosphere, Mixing ratio, Homopause, MAVEN, escape

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深層学習を用いたMGS/MOC画像における火星ダストストーム領域の自動抽出

Automated segmentation of Martian dust storms in MGS/MOC images using a deep learning technique

*小郷原 一智[1]、義忠 隆生[2]
*Kazunori Ogohara[1], Ryusei Gichu[2]

1. 滋賀県立大学工学部、2. 滋賀県立大学大学院工学研究科
1. School of Engineering, University of Shiga Prefecture, 2. Graduate School of Engineering, University of Shiga Prefecture

The shape, texture, and size of dust storms and the climatology of these characteristics are important clues to understanding Martian dust storms. The relations between such characteristics and the phases of the variety of atmospheric waves as well as the frequency of textured/curvilinear dust storms and the spatial and seasonal variations of the cumulative area are also worth investigating (Wang 2007; Wang et al. 2011; Guzewich et al. 2015, 2017). However, it is time-consuming to detect all dust storms visually because of the vast number of images taken by just two instruments, the MGS/MOC and MRO/MARCI. It is also difficult to objectively define which features characterize dust storms. Even approximate categorization of dust events into textured dust storms, untextured yet discrete dust storms, and haze depends on the subjective experience of the human observer. For these reasons, visual detection and categorization of the three types of dust storm textures introduced by Kulowski et al. (2017) would not be exactly reproduced by another human viewing and characterizing the images. Furthermore, we perceive a need to update the criteria for detecting dust events, especially obscured ones such as untextured yet discrete dust storms and haze, via visual detection. Therefore, it would be useful to be able to automatically detect dust events, measure their shape, pattern, and size, and improve the objectivity and reproducibility of dust storm detection.
We have developed a novel algorithm for automated segmentation of Martian dust storms using a encoder-decoder type of Convolutional Neural Network. We can separate dust storm areas from the surface and cloud areas in subsets of the global swath images taken by MGS/MOC without any information from other instruments (e.g. MGS/TES). Assuming that segmentation based on authors' experience is the ground truth, 84% of the true dust storm areas in the Arabia Terra is recognized as dust strom. On the other hand, just 69% of the true dust storm areas in the Hellas Basin is correctly recognized as dust storm.

キーワード：火星、ダストストーム、ディープラーニング
Keywords: Mars, dust storm, deep learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルマを用いた木星放射線帯変動メカニズムの解明に向けて
Investigation of variation mechanisms of the Jovian radiation belt using ALMA

*北 元[1]、佐川 英夫[2]、飯野 孝浩[3]、垰 千尋[4]、黒田 剛史[4]、土屋 史紀[5]、三澤 浩昭[5]、笠羽 康正[5]、藤本 正樹[1]
*Hajime Kita[1], Hideo Sagawa[2], Takahiro Iino[3], Chihiro Tao[4], Takeshi Kuroda[4], Fuminori Tsuchiya[5], Hiroaki Misawa[5], Yasumasa Kasaba[5], Masaki Fujimoto[1]

1. 宇宙航空研究開発機構　宇宙科学研究所、2. 京都産業大学理学部、3. 東京農工大学科学博物館、4. 情報通信研究機構、5. 東北大学
1. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency , 2. Faculty of Science, Kyoto Sangyo University, 3. Nature and Science Museum, Tokyo University of Agriculture and Technology, 4. National Institute of Information and Communications Technology, 5. Tohoku University

木星は、地球と比較して強力な磁場や10 時間の高速自転、太陽系外縁の弱められた太陽風といった諸要素に支配され、地球とは異なった磁気圏を形成している。地球は太陽風による影響を受けるため「太陽風駆動型」と称され、一方で木星は「回転駆動型」と対比されている。木星放射線帯には太陽系内最大であり、安定した領域だと考えられてきたが、1990 年代以降の地上観測によって数日から数週間の時間スケールで変動しているということが明らかになった。理論予測によると、太陽紫外線が熱圏大気を加熱して中性風の擾乱を引き起こし、ダイナモ電場の擾乱が誘発されることにより放射線帯内部で動径拡散が増大すると考えられている。更に、熱圏風の昼夜対流により生じる電離圏ダイナモ電場のポテンシャルが朝夕間で異なることにより、磁力線を介して電離圏と結ばれた放射線帯粒子の空間分布が変化することも予想されている。これまでの研究から太陽紫外線と放射線帯の相関関係が明らかとなったが、上層大気の風速変動については解明されていない。従って、上層大気の風速場を観測することは成層圏のダイナミクスだけでなく、放射線帯の時空間変動の解明にも繋がる。このシナリオの解明にはアルマの高空間・周波数分解能が必要不可欠である。木星成層圏にはHCNやCSが存在しており、サブミリ波帯で観測が可能である。これらの分子をトレーサーとして、輝線のドップラーシフトから成層圏の風速場を知ることができる。本発表ではアルマを用いた木星成層圏風速場観測に関するフィージビリティの議論を行なうとともに、公開データを用いた検証結果について報告する。

キーワード：木星、アルマ、成層圏、放射線帯
Keywords: Jupiter, ALMA, stratosphere, radiation belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Jupiter's radio Riddle arcs observed by LWA and Juno

*今井 一雅[1]、Higgins Charles[2]、今井 雅文[3]、Clarke Tracy[4]
*Kazumasa Imai[1], Charles A. Higgins[2], Masafumi Imai[3], Tracy Clarke[4]

1. 高知工業高等専門学校・ソーシャルデザイン工学科、2. Middle Tennessee State University、3. University of Iowa、4. Naval Research Laboratory
1. Department of Social Design Engineering, National Institute of Technology, Kochi College, 2. Middle Tennessee State University, 3. University of Iowa, 4. Naval Research Laboratory

The Riddle arcs were found in the dynamic spectrum of Jupiter's decametric radio emissions observed by the Voyager spacecraft [Riddle, 1983]. On a frequency time plot these Riddle arcs have the same slope at the same frequency and System III longitude. (The typical System III longitude is about 260 degrees at 20 MHz.) An isolated Riddle arc can be easily recognized inside of the Io-A arc structures. This emission of Riddle arcs was concluded to be from the instantaneous Io flux tube.

The modulation lane method [Imai et al., 1992,1997,2002] is based on the measurements of the slope of modulation lanes on the dynamic spectrum of Jupiter's decametric radio emissions. We usually measure the slope with a 1 MHz bandwidth and determine the most probable value of the lead angle between activated flux tubes to fit the value of the slope. The lead angle is the longitudinal angle between the instantaneous Io flux tube and the previously energized flux tube (real emitting region). The longitudinal location of the magnetic field line of the radio emitting sources can be calculated by this lead angle.

The Long Wavelength Array (LWA) is a low-frequency radio telescope designed to produce high-sensitivity, high-resolution spectra in the frequency range of 10-88 MHz. The sensitivity of the LWA, combined with the low radio frequency interference environment, allows us to observe wide band modulation lanes of Jupiter's decametric radio emissions [Clarke et al., 2014]. We have analyzed the modulation lane data including the Riddle arcs observed by LWA. We found almost all of the Riddle arcs correspond to a zero degree lead angle. This means that the radio sources related to the Riddle arcs are located along the instantaneous Io flux tube. This result is consistent with Riddle's conclusion.

The Juno spacecraft [Bolton et al., 2017] was inserted into polar orbit around Jupiter on 04 July 2016. Juno's highly eccentric orbits have a period of about 53 days with apojove near 113 Jovian radii and perijove near 1.06 Jovian radii. With the advantage of this unique orbit, Juno's Waves instrument [Kurth et al., 2017] is observing for the first time the polar beaming patterns and geometry of Jupiter's decametric radio emission sources. The dynamic spectra recorded by the Waves instrument show the Riddle arcs very clearly. We are continuing to analyze the Waves data to find the Riddle arcs in each Juno orbit. The Riddle arcs can be used as a reference point to understand the latitudinal beaming patterns of Jupiter's decametric radio emissions and the location of radio sources. We present the preliminary results of this study.

キーワード：木星電波、デカメートル波放射、リドルアーク、モジュレーションレーン、電波源のパラメータ
Keywords: Jupiter radio, decametric emissions, Riddle arcs, modulation lanes, radio source parameters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

[PCG25-P01] 弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4] (1.神戸大学大学院 システム情報学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.東京大学大学院 理学系研究科、4.理化学研究所 計算科学研究センター)

[PCG25-P02] 超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6] (1.大阪府立大学、2.NICT、3.JAXA 宇宙航空研究開発機構、4.東北大学、5.マックスプランク研究所、6.東京大学)

[PCG25-P03] Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.情報通信研究機構)

[PCG25-P04] Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2] (1.東京大学、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5.Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.)

[PCG25-P05] Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2] (1.滋賀県立大学大学院工学研究科、2.滋賀県立大学)

[PCG25-P06] 赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.国立研究開発法人情報通信研究機構、4.ベルギー王立宇宙科学研究所)

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

[PCG25-P09] ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2] (1.東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学学際科学フロンティア研究所)

[PCG25-P10] 磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

[PCG25-P11] 可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1] (1.明治大学理工学研究科、2.かわさき宙（そら）と緑の科学館、3.月惑星研究会)

[PCG25-P12] Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター)

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション
Particle-in-cell simulation on the dayside magnetopause in a small-scale magnetosphere

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4]
*Hideyuki Usui[1], Satoki oki[1], Yohei Miyake[1], Naoki Terada[2], Kanako Seki[3], Yuto Katoh[2], Manabu Yagi[4]

1. 神戸大学大学院 システム情報学研究科、2. 東北大学大学院 理学研究科、3. 東京大学大学院 理学系研究科、4. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. Graduate school of system informatics Kobe University, 2. Graduate school of science, Tohoku University, 3. Graduate school of science, University of Tokyo, 4. Riken R-CCS

本研究の目的は、弱い固有磁場を持つ小型天体と太陽風との相互作用によって形成される小型磁気圏を3次元電磁粒子シミュレーションにより再現し、その中でのプラズマダイナミクス、特に昼間側マグネトポーズでの電子挙動を粒子軌道や速度分布関数を用いて理解することである。磁気圏シミュレーションではMHDモデルがよく用いられるが本研究ではイオンの慣性長λi程度の磁場構造を持つ天体の磁気圏を対象とするためイオンのみならず電子も粒子として扱う全粒子モデルの大規模シミュレーションを実施した。シミュレーションモデルでは、弱い磁気ダイポールを持つ小型球体を中央に置き、境界領域から南向き IMFを持つ太陽風を流す。これにより小型磁気圏の形成を実現する。昼間側において、ダイポール中心から 磁気圧と太陽風動圧が釣り合う点までの距離をD_pとした場合, 今回は$\lambda_i/D_p=1$と設定した。また, 天体半径を R_bとすると、 $R_b/D_p=0.6$とし磁気圏における球体の割合を比較的大きく取った。シミュレーションデータ解析により、これまで、赤道面におけるプラズマ空間分布のdawn-dusk非対称性について報告した。今回は、昼間側マグネトポーズの電子挙動に着目し、特に、南向き IMFと磁気圏磁場が相殺して磁場強度がほぼ０になる領域で見られた電子挙動について、粒子軌道や速度分布関数を用いて定量的な解析を行った。マグネトポーズにおいて、イオンと電子の電荷分離によって発生する太陽方向電場により加速された電子が、IMFと磁気圏磁場が相殺する領域に侵入しメアンダリング運動により朝方に流れていく様子が確認できた。この電子の流れに関連して電子密度の時間的変動も同時に見られた。これらの昼間側マグネトポースでの電子ダイナミクスについて議論を行う。

キーワード：小天体、プラズマ粒子シミュレーション、小型磁気圏
Keywords: small body, particle-in-cell simulation, small scale magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

Developments and performance evaluations of 0.48 THz band heterodyne receivers for the future Mars terahertz sensor missions with micro-satellites

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6]
*Ayaka Tomihara[1], Satoshi Matsumoto[1], Hiroyuki Maezawa[1], Yasuko Kasai[2], Shigeru Yamada[2], Takeshi Kuroda[2], Takayoshi Yamada[2], Toshiyuki Nishibori[3], Yutaka Hasegawa[3], Yasumasa Kasaba[4], Richard Larsson[5], Shinichi Nakasuka[6]

1. 大阪府立大学、2. NICT、3. JAXA 宇宙航空研究開発機構、4. 東北大学、5. マックスプランク研究所、6. 東京大学
1. Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Tokyo, Japan, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Tohoku University, Tohoku, Japan, 5. Max planck Institute Solar System Research, Göttingen Germany, 6. Tokyo University, Tokyo, Japan

系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティを理解する上で、火星は重要な研究ターゲットである。火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気の酸化反応ネットワークの解明なども重要なテーマとなっている。火星の大気の進化の理解のためにも、H_2Oの時間変動、O_2の高度分布などの詳細かつ系統的な観測は今後も重要な課題である。またCO_2大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO_2やO_3がどの程度非生物的に形成されるのかについても火星は重要な知見を与えてくれる。

そこで我々は、超小型衛星を用いた着陸機あるいはオービターにTHzセンシングシステムを搭載し、火星の着陸機やオービターにより大気中のO_3、O_2、H_2O、H_2O_2などの微量分子の昼夜・季節を通じた変化をリモートセンシングすべく、超軽量・低消費電力の0.48 THz帯ヘテロダイン検出器のBread Board Modelの開発を行った。THz帯ヘテロダイン分光は、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出できる他、波長が長いためエアロゾル/ダストの影響を受けにくい特徴がある。また太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わない観測も可能である。

今回、受信機部には常温動作のショットキーバリアダイオードによるサブハーモニックミクサ(SHM)検出器を採用し(製作は米国バージニアダイオード社)、入力部には円偏波分離デバイスを用いて、2つの偏波を取り出せるようにした。これにより２系統の受信システムを平面かつコンパクトに集積が可能となった。BBMのSHMミクサの雑音温度(DSB)は 1～6 GHz帯で1400-1500Kを得た。ミクサ受信機部の消費電力と重量は11.2 W (1.66 A)、0.6 kgである。局部発振波は、水晶発振器をリファレンスにした位相同期型固定発振器の13 GHz帯の信号をIntegrated amplifier-multiplier chain (IAMC)により18逓倍・増幅している。常温における約3.5度の温度変動に対しては0.48 THz帯での周波数ドリフトは100 kHz程度であった。これらフロントエンドシステムの性能を踏まえ、大気の放射輸送シミュレーションを行ない、大気中のO_2やH_2OはもとよりO_3やH_2O_2といった微量分子も十分観測できることを確認している。本講演では、これらの結果について報告する。

キーワード：火星、惑星大気、ヘテロダインリモートセンシング、テラヘルツ、超小型衛星
Keywords: Mars, Planetary atmosphere, Heterodyne remote sensing, Terahertz, Mars lander with Micro-satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2]
*Shungo Koyama[1], Naoki Terada[1], Hiromu Nakagawa[1], Takeshi Kuroda[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

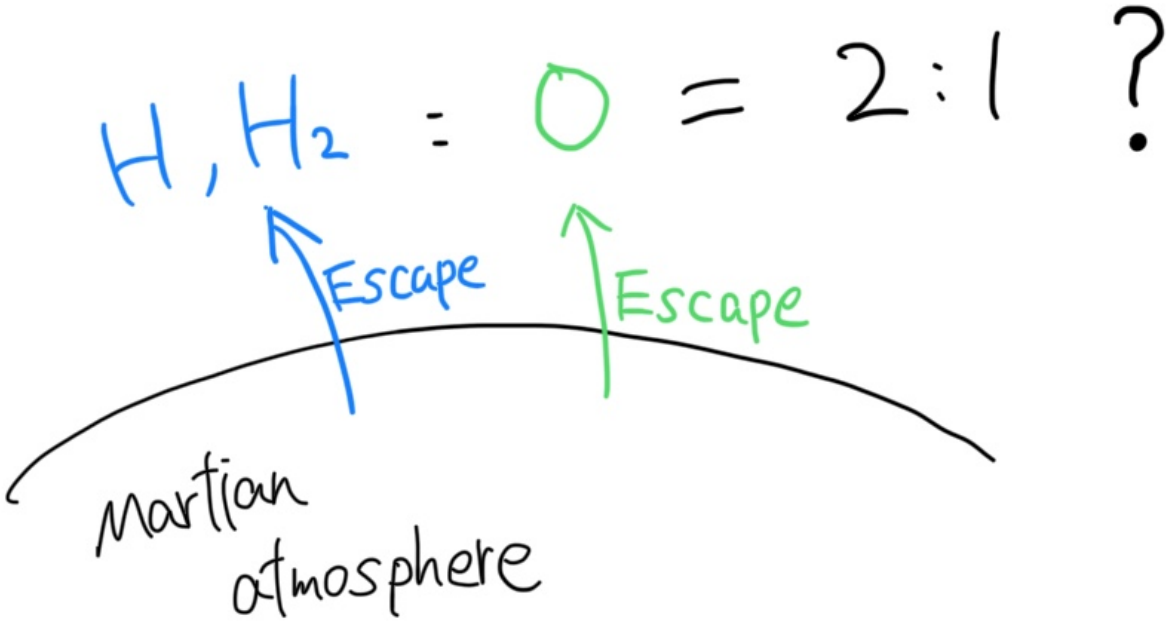
Atmospheric loss from the Martian upper atmosphere plays an essential role in the evolution of the surface environment of Mars. Especially, water loss through the escapes of hydrogen and oxygen is crucial to determine the habitability. It was shown by McElroy. (1972) that Jeans escape flux of H and H2 and nonthermal escape flux of O were regulated to be in the ratio of 2:1 in a converged model, which is called “self-regulation”. However, it was only confirmed in the atmospheric condition of current Mars and time response of the self-regulation is not well understood.

Here we study time-dependent responses of self-regulation system on different atmospheric conditions. We use a 1D time-dependent photochemical model for various atmospheric conditions and parameters, such as atmospheric CO2 pressure, vertical temperature profile and O escape rate.

We find that timescale of the self-regulation is mainly determined by O escape flux and the CO2 pressure. The timescale is inversely proportional to O escape flux, whereas it increases nonlinearly as the CO2 pressure increases. Our calculations also show that when CO2 pressure drops from the current Martian converged condition, H escape flux increases on a timescale of several days and returns to the twice of O escape flux on a timescale of a hundred thousand years. It implies that seasonal drops of the atmospheric pressure due to the CO2 polar ice cap may contribute to the variation of H escape flux. The effect of vertical temperature profile on self-regulation will also be discussed.

キーワード：火星、大気進化、水
Keywords: Mars, Atmospheric evolution, water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2]
*Sakakura Kotaro[1], Kanako Seki[1], Shogo Inui[1], Shotaro Sakai[1], David A Brain[2], James P McFadden[3], Jasper S Halekas[4], Gina A Dibraccio[5], Bruce Jakosky[2]

1. 東京大学、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan., 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA., 3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA., 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA., 5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.

Mars climate was warm and had water on its surface about 4 billion years ago, but there are no liquid water on the surface at present. Escape of the atmosphere to space is considered as the main cause of this climate change. However, the mechanism of the large amount of atmospheric loss is far from understood. Ion escape is one of the important candidates of such mechanism. There are three channels of the ion escape, namely, tailward escape, pickup ion, and polar plume. Polar plume ions are accelerated by solar wind electric field and escape to +E hemisphere of the Mars-Sun-Electric field (MSE) coordinates. It is estimated by Dong et al., (2015) that the escape rate is 23% of the total ion escape. This is not negligible in order to understand ion escape from Mars. However, the composition of the plume is unknown. To fully understand the mechanism of polar plume, it is important to study the composition of the plume.
The purpose of this study is to assess the suggested mechanism of the polar plume based on MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) observations. Spatial distribution of the ion number density ratio can be the evidence that plume is accelerated by electric field because the trajectory of accelerated ions depends on the ion mass. Polar plume contains O^+, O_2^+, and CO_2^+ ions. We focused on molecular ions (O_2^+ and CO_2^+) originating from the ionosphere, since O^+ has corona as its source and its spatial distribution becomes complicated. We analyzed observation data by STATIC (Supra Thermal and Thermal Ion Composition) and MAG (magnetometer) onboard MAVEN. STATIC can measure ion distribution functions with mass discrimination. We selected 12 orbits, in which the plume is observed continuously, from two years of data (from December 2014 to December 2016). To derive CO_2^+ number density, we used fitting method invented by Inui et al., (2018). By fitting a log-normal distribution to O_2^+ count data, we eliminated O_2^+ contamination in the CO_2^+ mass range.
In the event on December 23, 2014, MAVEN moved from the dayside solar wind region to nightside induced magnetosphere in the +E hemisphere of the MSE coordinates. During this event, CO_2^+/O_2^+ number density ratio gradually decreased from ~50 % to ~0.2 %. This tendency is consistent with difference of the trajectories of O_2^+ and CO_2^+, when these ions are accelerated from the same position by the solar wind electric field. We also found high density CO_2^+ plume event in which the CO_2^+ number density is ~1 cm^{-3} and its ratio to O_2^+ is ~500 % at the maximum in the dayside solar wind. We will also report on the statistical tendency of the 12 plume events as well as their dependence on solar wind parameters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火星、MAVEN、大気流出、二酸化炭素、極域プリューム
Keywords: Mars, MAVEN, atmospheric escape, carbon dioxide, polar plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2]
*Kazuki Yajima[1], Kazunori Ogohara[2]

1. 滋賀県立大学大学院工学研究科、2. 滋賀県立大学
1. Graduate School of Engineering, The University of Shiga Prefecture, 2. School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

Currently, on the surface of Mars the activity range of rovers has spread far more than before, and the Mars environment is gradually becoming clear. Dust devil on Mars is a phenomenon in which dust rolled up from the surface rises in a spiral shape.
Martian dust devils occur everywhere, especially in the middle and low latitudes, and there are various types ranging from small ones like the whirlwind commonly seen on the planet to huge ones much more than tornadoes. In addition, dust that dust devils wind up from the surface of the Martian ground may absorb and block sunlight, sometimes changing the global circulation of the Martian atmosphere. Therefore, in order to understand dynamics of the Mars atmosphere it is necessary to grasp the statistical nature of dust devils.
Previous studies were to count how many dust devils are present in a single image. However, in many cases, the same dust devil is seen in multiple images. Therefore, it was difficult to count the number of dust devil occurences accurately. The number of dust devils that actually occurred has been overestimated unless we detect and count dust devils visually. In this technological study, we propose an algorithm for automatically measuring the population of dust devils correctly by combining template matching and comparison of patch standard deviation.

キーワード：火星、画像処理、ダストデビル
Keywords: Mars, image processing, dust devil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

Temperature change during the global dust storm period obtained by ground observation of the Martian mesosphere by infrared heterodyne spectroscopy

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1]
*Akiho Miyamoto[1], Hiromu Nakagawa[1], Kosuke Takami[1], Takeshi Kuroda[1,3], Isao Murata[2], Naoki Terada[1], Nao Yoshida[1], Katsushige Toriumi[1], Shohei Aoki[4], Yasumasa Kasaba[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構、4. ベルギー王立宇宙科学研究所
1. Graduate School of Sciences in Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Sciences, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy(IASB-BIRA)

火星大気では、ダストストーム発生時そのダストが中間圏(高度70-80[km])まで上昇すると同時に、水蒸気も同高度まで輸送されていることがMars Expressの観測によって明らかにされている[Maltagliati et al.,2013 , Heavens et al.,2018]。この結果、高高度における水の光解離によりHが生成され、H散逸に直接繋がる。つまり、中間圏の現象が火星環境進化に影響を及ぼしうるという新たな発見であり、中間圏の詳細な理解が急務である。そこで私達は、波長分解能10^7(速度分解能10[m/s])を持つ東北大学ヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いた地上観測で10μm帯のnon-LTE CO_2 emissionを観測することにより、高度70-80[km]火星大気中間圏のダストストーム期間中の全球平均温度変化を明らかにする。

観測は2018年6月(太陽黄経Ls=196 南半球春)全球ダストストーム中から11月(Ls=291南半球夏)までハワイハレアカラ山頂東北大観測施設0.6m望遠鏡に実装されたヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いて行い、火星中心を空間分解能4秒角で観測している(火星視直径6月19.1秒角、11月10.7秒角) 。赤外レーザヘテロダイン分光による高度70-80[km]でのダストストーム期間中の連続観測は初めてである。

本研究では、観測で得られたemissionのドップラー幅によるkinetic temperature・線強度によるrotational temperatureの両方について温度を導出し[Sonnabend et al.,2008]、得られた結果を比較した。

解析の結果、kinetic temperatureでは6月(Ls=196)で150[K](68%信頼区間それぞれ-1σで122/+1σで189[K])、9月(Ls=240)で125[K](-1σで85/+1σで201[K])と、全球ダストストーム期間中からその終わりにかけて温度が低下したことが分かった。同高度においてダストが輸送されていない大気大循環モデル[Kuroda et al., 2005,2013,2015]の結果と比較すると、Ls=196で126-129[K]、Ls=240で132-135[K]と観測結果とは逆の傾向を示した。これは太陽光に依存するCO_2放射吸収が優位に働き、近日点(Ls=270)に近いLs=240において温度が上昇したと考えられる。しかし今回Ls=196の方が温度が高かったのは、やはりダストによって大気が温められたことが原因ではないかと考察した。

またrotational temperatureの観点から、ダストストーム時からおよそ1/2まで線強度の減少を検出し、kinetic temperatureと同様温度減少を示唆する結果が得られた。

この結果の妥当性検証のため、探査機MAVENの恒星掩蔽観測によって得られた結果とも比較する予定である。本講演では、今後の異なる高度での観測結果との比較などの見通しについても報告する

キーワード：火星、大気中間圏、温度、赤外ヘテロダイン分光器
Keywords: Mars, Mesosphere, Temperature, Infrared heterodyne spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測
Observation of Neptune’s storms with Pirka telescope

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1]
*Yuuki Sato[1], Yukihiro Takahashi[1], Seiko Takagi[1], Mitsuteru Sato[1], Ono Tatsuharu[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University

海王星では直径が4,000 kmを超える巨大なストームが時折発生しており, 先行研究では , ボイジャー2号が1989年5月24日に海王星を観測し, 大暗斑と呼ばれる直径13,000 kmのストームを発見した. 大暗斑は木星の大赤斑と同様南半球に位置していたが, その後, ハッブル宇宙望遠鏡が1994年に観測したところ, 大暗斑は消滅していた. 大暗斑のようなストームは海王星で常に発生しているのか, 突発的なものなのか不明である.

また, 直径9,000 kmのストームが2017年6月26日, 7月2日にケック天文台10 m光学近赤外望遠鏡で観測された. 通常, 海王星のストームは上昇気流が発生している南北の中緯度で発生すると考えられている. しかし, このストームは赤道付近で発生している. 海王星の自転軸傾斜角は29.6度であり, 季節変化によって赤道付近でストームが発生した可能性も考えられる.

ケック天文台やハッブル宇宙望遠鏡によって海王星は観測されているが, それらの望遠鏡を常に海王星観測に使用することは難しい. そのため、短い時間スケールで長期的な海王星ストームの観測は行われていない. 本研究では海王星全体のスペクトルを観測することによって, ストームの移動速度や規模を推定する手法の開発を行った. それにより, シーイングが悪い時でも観測可能になり, 短い時間間隔で長期的な海王星ストームの観測データを取得することができるようになった. この手法で, ストームの詳細な変動を追うことで, 海王星大気の対流構造の理解を深めることに繋げる.

本研究では, 北海道大学が所有する口径1.6 mのピリカ望遠鏡を用いて海王星のスペクトルを観測した. 時期は2017年8月7日から2018年1月17日, 2018年10月22日から11月26日までである. 2017年の観測波長は650-1050 nm, 2018年は890, 855 nmである, 本研究では, メタンが890 nmを強く吸収するという性質を用いる. 海王星大気にはメタンが存在し, 890 nmで海王星を観測すると, 周りの領域よりも高度の高いストームはより明るく見える. よって,ストームがある面を観測すると890 nmフラックスは大きくなる. また, 海王星の自転によって, 観測点からのストームの見た目の大きさは変化するため, 890 nmのフラックスも変化する.地球大気の影響を補正するために, 890 nmフラックスと他波長のフラックスの比をとり, 相対強度を求めた. 890 nmフラックスの相対強度の理論値を求め, その理論値と観測値を比べ, フィッティングをすることで, ストームの移動速度や規模を見積もった. ストームの面積を仮定しストームの890 nm反射率を求め, ストームの規模は面積と反射率の積とした.

2017年のストームの移動速度は47.5˚/ day、2018年は24.9˚/ dayと推定した. 2017年のストーム規模は, ストーム直径を9,000 kmとし890 nm反射率を0.217と推定し, 2018年では, ストーム直径を4,500 kmとし890 nm反射率を0.105と推定した. Edward Monlter et al.(2019)の研究では, 2017年のストームは北緯2度に位置し, 移動速度は 237.4 ±0.2 m/s, 47.78 ±0.04˚/ day と示している。本研究で推定した移動速度と整合性がある.

キーワード：海王星、地上観測
Keywords: Neptune, Ground-based Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究
The study of Jupiter’s zonal wind formation mechanism based on cumulonimbus observation

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1]
*Tatsuharu Ono[1], Yukihiro Takahashi[1], Shigeto Watanabe[1], Seiko Takagi[1]

1. 北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

ガリレオ探査機による観測から，積乱雲の上昇気流による対流と，その対流によって形成される小規模渦が連続的に形成・結合し，ベルトやゾーンを形成する東西風が発生するという仮説が提唱されている[Gierasch et al.,2000, Ingersoll et al., 2000]．積乱雲の形成について数値計算より，数日から100日スケールの間欠性が提唱されている[Sugiyama et al., 2014]．先行研究の積乱雲についての観測では，探査機により数日から1ヶ月程度の観測が行われた．先行研究の観測時間は数値計算での時間スケールより短いために，観測的に積乱雲の時間変動はわかっていない．そのために，北海道大学の所有する有効径1.6 mのピリカ望遠鏡などの地上望遠によって得られた多波長の画像から雲の鉛直構造を捉え，積乱雲の時間変動を明らかにし，同時に東西風の時間発展と比較することで，積乱雲形成と東西風の関係性を明らかにすることが，本研究の目的である．

今回，2017年1月から6月までのピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)(ピクセルスケール = 0.39”/pix)による，727 nm, 756 nm, 889 nmのフィルターを用いた観測結果とその解析結果を同時期の東西風変化と比較した結果について紹介する．これらの波長を用いると，高い雲頂高度の雲は周囲の雲との雲頂高度の違いから生じる光路長の差によって明るく見える．雲頂高度の高い積乱雲は明るい領域として観測されることを利用して積乱雲を同定する．この観測で得られた画像は，ハイパスフィルターの一種であるガウス差分の処理を行い細かな模様を抽出し，積乱雲の同定を行いやすくした．シミュレーションから，1つの積乱雲が生成され消滅してから新たな積乱雲が1つ生成されるまで，5-100日の間隔があると推測されている[Sugiyama et al.,2014]．したがって，2,3日に1回観測を実施することを目標とした．今回の観測では，61夜観測を実施し，連日観測ができた時期と，1週間以上観測日の間隔が空いた時期があった．平均的なシーイングは3.0秒角であった．これらの観測結果のうち，シーイングが2.16秒角，木星の表面で約5000kmの空間分解能の条件下で，木星の経度約90-180度を観測した2017年04月20日の多波長観測から，積乱雲の候補として雲頂高度の高い部分が南緯約12度，経度約120度に観測された．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，該当座標に白く明るい模様が確認されている．2017年04月23日の画像から，同じ緯度経度にピリカ望遠鏡で観測したときに，明るい雲は確認されなかった．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，同じ座標に白く明るい模様は確認されなかった．2017年4月16日にピリカ望遠鏡で同じ経度を観測できなかったが，同日のアマチュア画像では白く明るい雲は確認できなかった．17日のアマチュア画像では白く明るい雲が確認されたことから，南緯12度，経度約120度の積乱雲候補の雲は6日程度の寿命であったと考えられる．積乱雲形成前後のアマチュア画像を利用して推定した風速変化を確認すると，積乱雲が形成されるときには，仮説通りの東西風の加速が生じ，積乱雲が消滅するときには，仮説とは逆に東西風の減速が生じていた．しかし，他日付の観測データでの風速時間変動では，4月20日に確認されたような関係性が見られなかった．ただし，積乱雲と東西風の関係性を明らかにするには，十分な精度で東西風を推定できていない．また十分なデータ数を得られていない．これらのことから，積乱雲と東西風の関係性についてはまだ推測の域を出でいない．

キーワード：木星、積乱雲、対流、地上望遠鏡、雷雨
Keywords: Jupiter, Cumulonimbus, Convection, Ground-based telescope, thunderstorm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

Development of a radial diffusion model of Jovian inner magnetospheric plasma aimed at comparison with HISAKI satellite observation

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2]
*Kazuki Yamaguchi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fuminori Tsuchiya[1], Masato Kagitani[1], Ryoichi Koga[1], Tomoki Kimura[2]

1. 東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

惑星分光観測衛星ひさきは衛星イオの火山活動の変化に伴う木星内部磁気圏でのプラズマ増大・減少を捉えた。本研究は、木星内部磁気圏の複数のイオンおよび電子間の相互作用と動径方向輸送を理解することを目的とし、プラズマの質量及びエネルギーの収支と時間変化の追跡が可能な拡散モデルを開発した。また、このモデル結果とひさき衛星の観測と比較を行った。

木星第一衛星イオでは活発な火山活動があり、火山ガス起源のプラズマが内部磁気圏に放出される。プラズマは木星と共回転することでイオの公転軌道に沿ってドーナツ状に分布しており、イオプラズマトーラスと呼ばれている。木星内部磁気圏のプラズマは質量の9割が衛星イオの大気から供給され、木星の自転角運動量からエネルギーを得ながら動径方向に数十日の時間スケールで輸送される。また、輸送の過程で、衛星起源の重イオンプラズマ（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）は化学的な相互作用によって組成比、エネルギーが変化する[Delamere & Bagenal, 2003]。木星内部磁気圏におけるプラズマの質量とエネルギーの収支を知ることは、磁気圏のマクロな物理現象を理解する上で重要な課題である。

定常状態の木星内部磁気圏プラズマの動径方向分布モデルはVoyager1,Voyager2,Cassini探査機の観測結果に基づいて開発されている[Delamere *et al.*, 2005]。しかし、動径方向分布の時間変動を追跡できるモデルは研究報告がない。その背景として、これまでの探査機が、イオプラズマトーラスの空間分布を長期観測できなかったことが挙げられる。ひさき衛星は惑星観測専用の宇宙望遠鏡として連続運用されており、木星内部磁気圏の長期観測が可能である。実際に2015年1月下旬から4月上旬の約二か月間にわたって、イオからのプラズマ供給の増加に伴うイオプラズマトーラスの空間分布の変化が確認されている[Tsuchiya *et al.*, 2018, Yoshioka *et al.*, 2018]。

本研究ではイオ起源の主要な重イオン（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）の質量およびエネルギーの収支と動径方向輸送の時間発展を追跡可能なモデルをFokker-Planck方程式に基づき開発した。方程式系はDelamere *et al*.（2005）が開発した定常状態の磁気圏プラズマの質量およびエネルギー輸送モデルを基に、Forward Time Central Space（FTCS） 法により差分化した。イオン、電子間の化学的な相互作用はDelamere & Bagenal (2003)で用いられている電荷交換、電子衝突電離、電子再結合、クーロン相互作用、および電子衝突励起による放射項の係数を利用し、体積放射率はCHIANTIデータベースを利用して算出した。各イオン種と熱的電子の温度、密度の初期値はYoshioka *et al.*(2018)より、イオ火山活動が静穏であった2013年11月のひさき衛星観測結果を用いた。中性原子（O,S）の分布は動径方向のみに依存すると仮定した。内側境界条件は$6R_J$で密度の空間微分を0、イオン温度を60eVとし、外側境界条件は$30R_J$で密度、温度ともにひさき観測結果から得られる関数の計算値で固定した。この設定の下でモデルの妥当性を検証するため、$6\text{-}9R_J$の領域における各イオン種と電子の定常状態の温度、密度をひさき衛星の観測結果と比較した。定常状態では、高価数のイオン種ほど観測より高密度となり、O^{2+}の数密度は観測値の1.2-2.0倍であった。モデルでは電子温度が6-8eVと計算さ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れ、観測より数eV高温であったことから、電子衝突電離により高価数のイオン密度が高くなったと考えられる。今後、電子温度が数eV高く計算された原因を調べる必要がある。イオン温度は、特に低価数のイオンが観測に比べ高温となり、O^+は$12R_J$で280eV以上の温度となった。これは観測値より高い電子温度によって中性原子のイオン化が促進され、pick-upイオンによる加熱が促進されたためと考えられる。本発表ではモデルと観測の詳細な比較とその定量的な検証結果ついて述べる。

キーワード：木星、ひさき衛星
Keywords: Jupiter, HISAKI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション
Pitch angle scattering due to elastic collisions between magnetospheric 500eV-50keV electrons and neutral H_2O originated from Enceladus: Test particle simulation

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2]
*Hiroyasu Tadokoro[1], Yuto Katoh[2]

1. 武蔵野大学、2. 東北大学
1. Musashino University, 2. Tohoku University

Water group neutrals (H_2O, OH, and O) in Saturn’s inner magnetosphere play the dominant role in loss of energetic electrons and ions because of abundance of the neutrals [e.g., *Paranicas et al.,* 2007; *Sittler et al.,* 2008]. The observations of injected plasmas in the inner magnetosphere suggest that these particles do not survive very long time due to the neutral cloud originated from Enceladus [e.g., Paranicas et al., 2007; 2008]. Thus, the previous studies suggested that the neutral cloud contributes to loss processes of plasma in the inner magnetosphere. However, little has been reported on a quantitative study of the electron loss process due to electron-neutral collisions.

In this study, we focus on the elastic collisional loss process with neutral H_2O originated from Enceladus. Conducting one dimensional test particle simulation, Tadokoro et al., [2014] examined the time variations of equatorial electron pitch angle distribution and electrons within loss cone through 1keV electron pitch angle scattering due to elastic collisions around Enceladus. The result showed that the electrons of 11.4 % are lost in ~380 sec. The time corresponds to the time scale of the co-rotation of the flux tube passing through the region of the dense H_2O in the vicinity of Enceladus. Assuming the uniform azimuth H2O density structure in the Enceladus torus, they estimated the electron loss rate of 33% during one co-rotation.

Next remaining issue is a calculation of energy dependent electron loss rate. We show the loss rates through pitch angle scattering of electrons with 500 eV –50keV and the comparison of the loss rates between the high (in the vicinity of Enceladus) and low (in the Enceladus torus) H_2O density regions. We also show the calculation errors by making several times calculations.

キーワード：エンケラドス、ピッチ角散乱、電子ー中性衝突、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Enceladus, Pitch angle scattering, electron-neutral collision, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

Study of Jovian atmosphere dynamics by a multi-band imaging observation

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1]
Hayate Ito[1], Sumito Hirota[2], Isshi Tabe[3], *Hidehiko Suzuki[1]

1. 明治大学理工学研究科、2. かわさき宙（そら）と緑の科学館、3. 月惑星研究会
1. Meiji university, 2. Kawasaki municipal science museum, 3. Association of Lunar and Planetary Observers in Japan

木星上層大気には様々な構造が存在している。例として、帯(Zone)、縞(Belt)と呼ばれる特徴的な縞構造や、大赤斑(Great Red Spot : GRS)をはじめとする大小様々な渦構造が挙げられる。これらの構造の空間スケールや見た目の色は様々なタイムスケールで目まぐるしく変動していることが地上からの精力的な観測により知られている。表面構造の色は渦の収縮や合体などに伴って変動することが多い事から、地上から得られる見かけの色変動の情報は木星表面大気ダイナミクス解明のカギになると考えられている。本研究の目的は、木星表面上で起こる様々な渦の形態と色の変動を地上観測により精密に捉え、木星表面構造の色変化とそのメカニズムを解明する事である。そこで、本研究では分光データと構造の空間変動を同時に得ることのできるマルチバンドイメージング観測手法を開発した。観測対象となる帯域の決定には先行研究の分光観測データを参照し、木星表面で起こる色変化を効率よく捉えるための7バンドを選定した。さらに7バンドの画像を合成し、忠実な天然色画像を作成するために不可欠なバンド間相対感度を室内実験によって決定した。本発表では、開発したマルチバンドイメージング観測装置によって得られた初期観測結果について報告する。特に木星表面構造のうち最も代表的かつ永続的なSEB・EZ(Equatorial Zone)・NEB(North Equatorial Belt)・GRSに着目し、探査機カッシーニ、ハッブル宇宙望遠鏡によって得られたスペクトルとの比較検証結果を報告する。

キーワード：木星、木星大気、分光観測、マルチバンドイメージ
Keywords: Jupiter, Jovian atmosphere, spectroscopy, Multi-band imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1]
*Hiroaki Misawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

It is known that Jupiter's synchrotron radiation (JSR) has information on dynamics of the deep inner magnetosphere. We have made JSR observations in the decimeter radio wavelength more than a decade, and has showed that JSR generally shows short term variations by more than several tens percent with the time scale of days to weeks. A plausible causality of such the short term variations is due to solar UV/EUV variations; i.e., the solar UV/EUV heating for Jupiter's upper atmosphere drives neutral wind perturbations, and the induced dynamo electric field leads to enhancement of radial diffusion of relativistic electrons in the inner magentosphere. and then JSR shows variations. This scenario was initially proposed by Brice and McDonough [1973] and observationally confirmed by Miyoshi et al. [1999], Tsuchiya et al. [2011] and Kita et al., [2013] which is so to speak, an externally driving process. However, this scenario cannot be always applicable to any short term JSR variations, particularly fast variations with the time scale within a few days, and any other processes are required (Kita, 2015; Tsuchiya et al., 2019).
As a process which might explain such a fast variation in Jupiter's magnetosphere, an internally driving process, so-called 'substorm like event', is known (see Louarn et al., 2014). This phenomena is interpreted as a magnetic reconfiguration event occurred in the Jupiter's magnetotail region. Although it is revealed that major magnetic reconfiguration events generally affect the whole magnesphere from 10 to 80-120 Rj (Jupiter's radii), however, it has not been known whether the events affect the inner magnetosphere within 2 Rj.
In order to reveal unknown dynamics of the fast variations in JSR, we have tried to examine relationship between the fast variations and magnetic reconfiguration events. In this study we have used the plasma data explored by the Galileo orbiter in Jupiter's magnetosphere and also Jupiter's particular radio wave component in the hectrometer wave range (see Misawa et al., 2018) for searching magnetic reconfiguration events, and we have compared them with the daily JSR monitoring data at 327MHz observed with the radio telescopes of ISEE, Nagoya University, Japan. In the presentation, we will show results of the examination and discuss a linkage possibility between Jupiter's inner magnetosphere and magnetotail region.

キーワード：木星、放射線帯、極短期変動、磁気再結合
Keywords: Jupiter, radiation belt, fast variation, magnetic reconfiguration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響
Effects of the charged particles of solar wind on planetary atmospheres

*唐澤 信司[1]
*Shinji Karasawa[1]

1. 宮城工業高等専門学校 名誉教授
1. Miyagi National College of Technology Professor emeritus

太陽風の担い手は、太陽の自転による反時計回転方向に2km/secの回転成分を伴って平均速度450km/secで太陽から放射される質量のある荷電粒子のプロトン(H^+)です。磁気を持たない金星の正面に太陽風が衝突すると太陽風の回転運動成分が歯車の噛み合う仕組みで惑星の大気を時計回転方向に動かします。太陽風が金星の上空の雲を金星の西側に剥ぎ取るような姿の写真があります。この金星のスーパーローテーションは高度60kmの上空では100m/secですが金星の赤道の地面の自転速度は1.6 m/secです。金星の気圧はCO_2の3重点の72.8気圧を超えて90気圧もあり、CO_2の大気が地面に接して移動を続けて金星の自転を太陽の自転と反対の時計回転方向で1.6m/secの地表速度にしたと推測されます。

タイタンでは120kmの高度で最大120 m/sのスーパーローテーションが発生しています。タイタンの公転軌道の半径は120万kmで土星の110万kmの磁気圏の伸長した部分を通過します。太陽風のH^+が土星の磁場に入ると磁束に巻きついて直進せずに磁場に滞留します。H^+が電子を伴いプラズマとなって土星の自転と共に10.7時間で回転しています。タイタンの公転軌道では磁気圏の移動速度は200km/secになります。そこで、タイタンの表面は10.7 時間の周期で土星の磁気圏に滞留する荷電粒子のH^+が固体のCO_2にシャワーのように衝突してCH_4を生成し、液体のCH_4ができます。H^+の衝突速度はタイタンの土星に面した側と裏側では最大で843 m/secの差があり、タイタンの大気を土星の自転と同じ回転方向で周回させます。

[参考動画、唐澤信司, https://www.youtube.com/watch?v=3upO1KcvxF4&feature=youtu.be]

キーワード：太陽風、磁気圏、スーパースーローテーション、金星、土星、タイタン
Keywords: Solar wind, Magnetoshere, Superrotation, Venus, Saturn, Titan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 P (宇宙惑星科学)：P-CG 宇宙惑星科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

コンビーナ:関 華奈子(東京大学大学院理学系研究科)、今村 剛(東京大学大学院　新領域創成科学研究科)、前澤 裕之(大阪府立大学大学院理学系研究科物理科学科)、寺田 直樹(東北大学大学院理学研究科)

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

[PCG25-P01] 弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4] (1.神戸大学大学院 システム情報学研究科、2.東北大学大学院 理学研究科、3.東京大学大学院 理学系研究科、4.理化学研究所 計算科学研究センター)

[PCG25-P02] 超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6] (1.大阪府立大学、2.NICT、3.JAXA 宇宙航空研究開発機構、4.東北大学、5.マックスプランク研究所、6.東京大学)

[PCG25-P03] **Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars**

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.情報通信研究機構)

[PCG25-P04] **Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations**

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2] (1.東京大学、2.Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3.Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4.Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5.Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.)

[PCG25-P05] Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2] (1.滋賀県立大学大学院工学研究科、2.滋賀県立大学)

[PCG25-P06] 赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.国立研究開発法人情報通信研究機構、4.ベルギー王立宇宙科学研究所)

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1] (1.北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)

[PCG25-P09] ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2] (1.東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2.東北大学学際科学フロンティア研究所)

[PCG25-P10] 磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

[PCG25-P11] 可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1] (1.明治大学理工学研究科、2.かわさき宙（そら）と緑の科学館、3.月惑星研究会)

[PCG25-P12] Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター)

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション
Particle-in-cell simulation on the dayside magnetopause in a small-scale magnetosphere

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4]
*Hideyuki Usui[1], Satoki oki[1], Yohei Miyake[1], Naoki Terada[2], Kanako Seki[3], Yuto Katoh[2], Manabu Yagi[4]

1. 神戸大学大学院 システム情報学研究科、2. 東北大学大学院 理学研究科、3. 東京大学大学院 理学系研究科、4. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. Graduate school of system informatics Kobe University, 2. Graduate school of science, Tohoku University, 3. Graduate school of science, University of Tokyo, 4. Riken R-CCS

本研究の目的は、弱い固有磁場を持つ小型天体と太陽風との相互作用によって形成される小型磁気圏を3次元電磁粒子シミュレーションにより再現し、その中でのプラズマダイナミクス、特に昼間側マグネトポーズでの電子挙動を粒子軌道や速度分布関数を用いて理解することである。磁気圏シミュレーションではMHDモデルがよく用いられるが本研究ではイオンの慣性長λi程度の磁場構造を持つ天体の磁気圏を対象とするためイオンのみならず電子も粒子として扱う全粒子モデルの大規模シミュレーションを実施した。シミュレーションモデルでは、弱い磁気ダイポールを持つ小型球体を中央に置き、境界領域から南向き IMFを持つ太陽風を流す。これにより小型磁気圏の形成を実現する。昼間側において、ダイポール中心から 磁気圧と太陽風動圧が釣り合う点までの距離をD_pとした場合, 今回は$\lambda_i/D_p=1$と設定した。また, 天体半径を R_bとすると、 $R_b/D_p=0.6$とし磁気圏における球体の割合を比較的大きく取った。シミュレーションデータ解析により、これまで、赤道面におけるプラズマ空間分布のdawn-dusk非対称性について報告した。今回は、昼間側マグネトポーズの電子挙動に着目し、特に、南向き IMFと磁気圏磁場が相殺して磁場強度がほぼ０になる領域で見られた電子挙動について、粒子軌道や速度分布関数を用いて定量的な解析を行った。マグネトポーズにおいて、イオンと電子の電荷分離によって発生する太陽方向電場により加速された電子が、IMFと磁気圏磁場が相殺する領域に侵入しメアンダリング運動により朝方に流れていく様子が確認できた。この電子の流れに関連して電子密度の時間的変動も同時に見られた。これらの昼間側マグネトポースでの電子ダイナミクスについて議論を行う。

キーワード：小天体、プラズマ粒子シミュレーション、小型磁気圏
Keywords: small body, particle-in-cell simulation, small scale magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超小型火星探査衛星への搭載を見据えた0.48 THz帯ヘテロダイン受信機の開発・評価

Developments and performance evaluations of 0.48 THz band heterodyne receivers for the future Mars terahertz sensor missions with micro-satellites

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6]
*Ayaka Tomihara[1], Satoshi Matsumoto[1], Hiroyuki Maezawa[1], Yasuko Kasai[2], Shigeru Yamada[2], Takeshi Kuroda[2], Takayoshi Yamada[2], Toshiyuki Nishibori[3], Yutaka Hasegawa[3], Yasumasa Kasaba[4], Richard Larsson[5], Shinichi Nakasuka[6]

1. 大阪府立大学、2. NICT、3. JAXA 宇宙航空研究開発機構、4. 東北大学、5. マックスプランク研究所、6. 東京大学
1. Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Tokyo, Japan, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Tohoku University, Tohoku, Japan, 5. Max planck Institute Solar System Research, Göttingen Germany, 6. Tokyo University, Tokyo, Japan

系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティを理解する上で、火星は重要な研究ターゲットである。火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気の酸化反応ネットワークの解明なども重要なテーマとなっている。火星の大気の進化の理解のためにも、H_2Oの時間変動、O_2の高度分布などの詳細かつ系統的な観測は今後も重要な課題である。またCO_2大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO_2やO_3がどの程度非生物的に形成されるのかについても火星は重要な知見を与えてくれる。

そこで我々は、超小型衛星を用いた着陸機あるいはオービターにTHzセンシングシステムを搭載し、火星の着陸機やオービターにより大気中のO_3、O_2、H_2O、H_2O_2などの微量分子の昼夜・季節を通じた変化をリモートセンシングすべく、超軽量・低消費電力の0.48 THz帯ヘテロダイン検出器のBread Board Modelの開発を行った。THz帯ヘテロダイン分光は、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出できる他、波長が長いためエアロゾル/ダストの影響を受けにくい特徴がある。また太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わない観測も可能である。

今回、受信機部には常温動作のショットキーバリアダイオードによるサブハーモニックミクサ(SHM)検出器を採用し(製作は米国バージニアダイオード社)、入力部には円偏波分離デバイスを用いて、2つの偏波を取り出せるようにした。これにより２系統の受信システムを平面かつコンパクトに集積が可能となった。BBMのSHMミクサの雑音温度(DSB)は 1～6 GHz帯で1400-1500Kを得た。ミクサ受信機部の消費電力と重量は11.2 W (1.66 A)、0.6 kgである。局部発振波は、水晶発振器をリファレンスにした位相同期型固定発振器の13 GHz帯の信号をIntegrated amplifier-multiplier chain (IAMC)により18逓倍・増幅している。常温における約3.5度の温度変動に対しては0.48 THz帯での周波数ドリフトは100 kHz程度であった。これらフロントエンドシステムの性能を踏まえ、大気の放射輸送シミュレーションを行ない、大気中のO_2やH_2OはもとよりO_3やH_2O_2といった微量分子も十分観測できることを確認している。本講演では、これらの結果について報告する。

キーワード：火星、惑星大気、ヘテロダインリモートセンシング、テラヘルツ、超小型衛星
Keywords: Mars, Planetary atmosphere, Heterodyne remote sensing, Terahertz, Mars lander with Micro-satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2]
*Shungo Koyama[1], Naoki Terada[1], Hiromu Nakagawa[1], Takeshi Kuroda[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

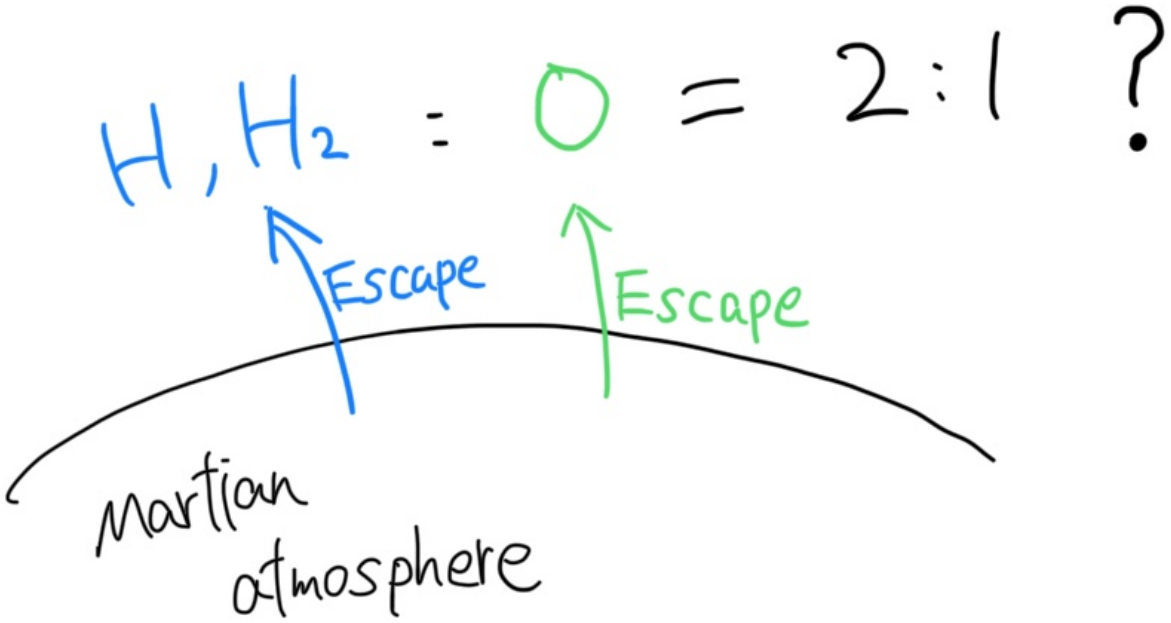
Atmospheric loss from the Martian upper atmosphere plays an essential role in the evolution of the surface environment of Mars. Especially, water loss through the escapes of hydrogen and oxygen is crucial to determine the habitability. It was shown by McElroy. (1972) that Jeans escape flux of H and H2 and nonthermal escape flux of O were regulated to be in the ratio of 2:1 in a converged model, which is called “self-regulation”. However, it was only confirmed in the atmospheric condition of current Mars and time response of the self-regulation is not well understood.

Here we study time-dependent responses of self-regulation system on different atmospheric conditions. We use a 1D time-dependent photochemical model for various atmospheric conditions and parameters, such as atmospheric CO2 pressure, vertical temperature profile and O escape rate.

We find that timescale of the self-regulation is mainly determined by O escape flux and the CO2 pressure. The timescale is inversely proportional to O escape flux, whereas it increases nonlinearly as the CO2 pressure increases. Our calculations also show that when CO2 pressure drops from the current Martian converged condition, H escape flux increases on a timescale of several days and returns to the twice of O escape flux on a timescale of a hundred thousand years. It implies that seasonal drops of the atmospheric pressure due to the CO2 polar ice cap may contribute to the variation of H escape flux. The effect of vertical temperature profile on self-regulation will also be discussed.

キーワード：火星、大気進化、水
Keywords: Mars, Atmospheric evolution, water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2]
*Sakakura Kotaro[1], Kanako Seki[1], Shogo Inui[1], Shotaro Sakai[1], David A Brain[2], James P McFadden[3], Jasper S Halekas[4], Gina A Dibraccio[5], Bruce Jakosky[2]

1. 東京大学、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan., 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA., 3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA., 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA., 5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.

Mars climate was warm and had water on its surface about 4 billion years ago, but there are no liquid water on the surface at present. Escape of the atmosphere to space is considered as the main cause of this climate change. However, the mechanism of the large amount of atmospheric loss is far from understood. Ion escape is one of the important candidates of such mechanism. There are three channels of the ion escape, namely, tailward escape, pickup ion, and polar plume. Polar plume ions are accelerated by solar wind electric field and escape to +E hemisphere of the Mars-Sun-Electric field (MSE) coordinates. It is estimated by Dong et al., (2015) that the escape rate is 23% of the total ion escape. This is not negligible in order to understand ion escape from Mars. However, the composition of the plume is unknown. To fully understand the mechanism of polar plume, it is important to study the composition of the plume.
The purpose of this study is to assess the suggested mechanism of the polar plume based on MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) observations. Spatial distribution of the ion number density ratio can be the evidence that plume is accelerated by electric field because the trajectory of accelerated ions depends on the ion mass. Polar plume contains O^+, O_2^+, and CO_2^+ ions. We focused on molecular ions (O_2^+ and CO_2^+) originating from the ionosphere, since O^+ has corona as its source and its spatial distribution becomes complicated. We analyzed observation data by STATIC (Supra Thermal and Thermal Ion Composition) and MAG (magnetometer) onboard MAVEN. STATIC can measure ion distribution functions with mass discrimination. We selected 12 orbits, in which the plume is observed continuously, from two years of data (from December 2014 to December 2016). To derive CO_2^+ number density, we used fitting method invented by Inui et al., (2018). By fitting a log-normal distribution to O_2^+ count data, we eliminated O_2^+ contamination in the CO_2^+ mass range.
In the event on December 23, 2014, MAVEN moved from the dayside solar wind region to nightside induced magnetosphere in the +E hemisphere of the MSE coordinates. During this event, CO_2^+/O_2^+ number density ratio gradually decreased from ~50 % to ~0.2 %. This tendency is consistent with difference of the trajectories of O_2^+ and CO_2^+, when these ions are accelerated from the same position by the solar wind electric field. We also found high density CO_2^+ plume event in which the CO_2^+ number density is ~1 cm^{-3} and its ratio to O_2^+ is ~500 % at the maximum in the dayside solar wind. We will also report on the statistical tendency of the 12 plume events as well as their dependence on solar wind parameters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火星、MAVEN、大気流出、二酸化炭素、極域プリューム
Keywords: Mars, MAVEN, atmospheric escape, carbon dioxide, polar plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2]
*Kazuki Yajima[1], Kazunori Ogohara[2]

1. 滋賀県立大学大学院工学研究科、2. 滋賀県立大学
1. Graduate School of Engineering, The University of Shiga Prefecture, 2. School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

Currently, on the surface of Mars the activity range of rovers has spread far more than before, and the Mars environment is gradually becoming clear. Dust devil on Mars is a phenomenon in which dust rolled up from the surface rises in a spiral shape.
Martian dust devils occur everywhere, especially in the middle and low latitudes, and there are various types ranging from small ones like the whirlwind commonly seen on the planet to huge ones much more than tornadoes. In addition, dust that dust devils wind up from the surface of the Martian ground may absorb and block sunlight, sometimes changing the global circulation of the Martian atmosphere. Therefore, in order to understand dynamics of the Mars atmosphere it is necessary to grasp the statistical nature of dust devils.
Previous studies were to count how many dust devils are present in a single image. However, in many cases, the same dust devil is seen in multiple images. Therefore, it was difficult to count the number of dust devil occurences accurately. The number of dust devils that actually occurred has been overestimated unless we detect and count dust devils visually. In this technological study, we propose an algorithm for automatically measuring the population of dust devils correctly by combining template matching and comparison of patch standard deviation.

キーワード：火星、画像処理、ダストデビル
Keywords: Mars, image processing, dust devil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤外ヘテロダイン分光による火星大気中間圏の地上観測によって得られた全球ダストストーム期間中の温度変化

Temperature change during the global dust storm period obtained by ground observation of the Martian mesosphere by infrared heterodyne spectroscopy

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1]
*Akiho Miyamoto[1], Hiromu Nakagawa[1], Kosuke Takami[1], Takeshi Kuroda[1,3], Isao Murata[2], Naoki Terada[1], Nao Yoshida[1], Katsushige Toriumi[1], Shohei Aoki[4], Yasumasa Kasaba[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構、4. ベルギー王立宇宙科学研究所
1. Graduate School of Sciences in Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Sciences, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy(IASB-BIRA)

火星大気では、ダストストーム発生時そのダストが中間圏(高度70-80[km])まで上昇すると同時に、水蒸気も同高度まで輸送されていることがMars Expressの観測によって明らかにされている[Maltagliati et al.,2013 , Heavens et al.,2018]。この結果、高高度における水の光解離によりHが生成され、H散逸に直接繋がる。つまり、中間圏の現象が火星環境進化に影響を及ぼしうるという新たな発見であり、中間圏の詳細な理解が急務である。そこで私達は、波長分解能10^7(速度分解能10[m/s])を持つ東北大学ヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いた地上観測で10μm帯のnon-LTE CO_2 emissionを観測することにより、高度70-80[km]火星大気中間圏のダストストーム期間中の全球平均温度変化を明らかにする。

観測は2018年6月(太陽黄経Ls=196 南半球春)全球ダストストーム中から11月(Ls=291南半球夏)までハワイハレアカラ山頂東北大観測施設0.6m望遠鏡に実装されたヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いて行い、火星中心を空間分解能4秒角で観測している(火星視直径6月19.1秒角、11月10.7秒角) 。赤外レーザヘテロダイン分光による高度70-80[km]でのダストストーム期間中の連続観測は初めてである。

本研究では、観測で得られたemissionのドップラー幅によるkinetic temperature・線強度によるrotational temperatureの両方について温度を導出し[Sonnabend et al.,2008]、得られた結果を比較した。

解析の結果、kinetic temperatureでは6月(Ls=196)で150[K](68%信頼区間それぞれ-1σで122/+1σで189[K])、9月(Ls=240)で125[K](-1σで85/+1σで201[K])と、全球ダストストーム期間中からその終わりにかけて温度が低下したことが分かった。同高度においてダストが輸送されていない大気大循環モデル[Kuroda et al., 2005,2013,2015]の結果と比較すると、Ls=196で126-129[K]、Ls=240で132-135[K]と観測結果とは逆の傾向を示した。これは太陽光に依存するCO_2放射吸収が優位に働き、近日点(Ls=270)に近いLs=240において温度が上昇したと考えられる。しかし今回Ls=196の方が温度が高かったのは、やはりダストによって大気が温められたことが原因ではないかと考察した。

またrotational temperatureの観点から、ダストストーム時からおよそ1/2まで線強度の減少を検出し、kinetic temperatureと同様温度減少を示唆する結果が得られた。

この結果の妥当性検証のため、探査機MAVENの恒星掩蔽観測によって得られた結果とも比較する予定である。本講演では、今後の異なる高度での観測結果との比較などの見通しについても報告する

キーワード：火星、大気中間圏、温度、赤外ヘテロダイン分光器
Keywords: Mars, Mesosphere, Temperature, Infrared heterodyne spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測
Observation of Neptune’s storms with Pirka telescope

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1]
*Yuuki Sato[1], Yukihiro Takahashi[1], Seiko Takagi[1], Mitsuteru Sato[1], Ono Tatsuharu[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University

海王星では直径が4,000 kmを超える巨大なストームが時折発生しており, 先行研究では , ボイジャー2号が1989年5月24日に海王星を観測し, 大暗斑と呼ばれる直径13,000 kmのストームを発見した. 大暗斑は木星の大赤斑と同様南半球に位置していたが, その後, ハッブル宇宙望遠鏡が1994年に観測したところ, 大暗斑は消滅していた. 大暗斑のようなストームは海王星で常に発生しているのか, 突発的なものなのか不明である.

また, 直径9,000 kmのストームが2017年6月26日, 7月2日にケック天文台10 m光学近赤外望遠鏡で観測された. 通常, 海王星のストームは上昇気流が発生している南北の中緯度で発生すると考えられている. しかし, このストームは赤道付近で発生している. 海王星の自転軸傾斜角は29.6度であり, 季節変化によって赤道付近でストームが発生した可能性も考えられる.

ケック天文台やハッブル宇宙望遠鏡によって海王星は観測されているが, それらの望遠鏡を常に海王星観測に使用することは難しい. そのため、短い時間スケールで長期的な海王星ストームの観測は行われていない. 本研究では海王星全体のスペクトルを観測することによって, ストームの移動速度や規模を推定する手法の開発を行った. それにより, シーイングが悪い時でも観測可能になり, 短い時間間隔で長期的な海王星ストームの観測データを取得することができるようになった. この手法で, ストームの詳細な変動を追うことで, 海王星大気の対流構造の理解を深めることに繋げる.

本研究では, 北海道大学が所有する口径1.6 mのピリカ望遠鏡を用いて海王星のスペクトルを観測した. 時期は2017年8月7日から2018年1月17日, 2018年10月22日から11月26日までである. 2017年の観測波長は650-1050 nm, 2018年は890, 855 nmである, 本研究では, メタンが890 nmを強く吸収するという性質を用いる. 海王星大気にはメタンが存在し, 890 nmで海王星を観測すると, 周りの領域よりも高度の高いストームはより明るく見える. よって,ストームがある面を観測すると890 nmフラックスは大きくなる. また, 海王星の自転によって, 観測点からのストームの見た目の大きさは変化するため, 890 nmのフラックスも変化する.地球大気の影響を補正するために, 890 nmフラックスと他波長のフラックスの比をとり, 相対強度を求めた. 890 nmフラックスの相対強度の理論値を求め, その理論値と観測値を比べ, フィッティングをすることで, ストームの移動速度や規模を見積もった. ストームの面積を仮定しストームの890 nm反射率を求め, ストームの規模は面積と反射率の積とした.

2017年のストームの移動速度は47.5˚/ day、2018年は24.9˚/ dayと推定した. 2017年のストーム規模は, ストーム直径を9,000 kmとし890 nm反射率を0.217と推定し, 2018年では, ストーム直径を4,500 kmとし890 nm反射率を0.105と推定した. Edward Monlter et al.(2019)の研究では, 2017年のストームは北緯2度に位置し, 移動速度は 237.4 ±0.2 m/s, 47.78 ±0.04˚/ day と示している。本研究で推定した移動速度と整合性がある.

キーワード：海王星、地上観測
Keywords: Neptune, Ground-based Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究
The study of Jupiter’s zonal wind formation mechanism based on cumulonimbus observation

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1]
*Tatsuharu Ono[1], Yukihiro Takahashi[1], Shigeto Watanabe[1], Seiko Takagi[1]

1. 北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

ガリレオ探査機による観測から，積乱雲の上昇気流による対流と，その対流によって形成される小規模渦が連続的に形成・結合し，ベルトやゾーンを形成する東西風が発生するという仮説が提唱されている[Gierasch et al.,2000, Ingersoll et al., 2000]．積乱雲の形成について数値計算より，数日から100日スケールの間欠性が提唱されている[Sugiyama et al., 2014]．先行研究の積乱雲についての観測では，探査機により数日から1ヶ月程度の観測が行われた．先行研究の観測時間は数値計算での時間スケールより短いために，観測的に積乱雲の時間変動はわかっていない．そのために，北海道大学の所有する有効径1.6 mのピリカ望遠鏡などの地上望遠によって得られた多波長の画像から雲の鉛直構造を捉え，積乱雲の時間変動を明らかにし，同時に東西風の時間発展と比較することで，積乱雲形成と東西風の関係性を明らかにすることが，本研究の目的である．

今回，2017年1月から6月までのピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)(ピクセルスケール = 0.39”/pix)による，727 nm, 756 nm, 889 nmのフィルターを用いた観測結果とその解析結果を同時期の東西風変化と比較した結果について紹介する．これらの波長を用いると，高い雲頂高度の雲は周囲の雲との雲頂高度の違いから生じる光路長の差によって明るく見える．雲頂高度の高い積乱雲は明るい領域として観測されることを利用して積乱雲を同定する．この観測で得られた画像は，ハイパスフィルターの一種であるガウス差分の処理を行い細かな模様を抽出し，積乱雲の同定を行いやすくした．シミュレーションから，1つの積乱雲が生成され消滅してから新たな積乱雲が1つ生成されるまで，5-100日の間隔があると推測されている[Sugiyama et al.,2014]．したがって，2,3日に1回観測を実施することを目標とした．今回の観測では，61夜観測を実施し，連日観測ができた時期と，1週間以上観測日の間隔が空いた時期があった．平均的なシーイングは3.0秒角であった．これらの観測結果のうち，シーイングが2.16秒角，木星の表面で約5000kmの空間分解能の条件下で，木星の経度約90-180度を観測した2017年04月20日の多波長観測から，積乱雲の候補として雲頂高度の高い部分が南緯約12度，経度約120度に観測された．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，該当座標に白く明るい模様が確認されている．2017年04月23日の画像から，同じ緯度経度にピリカ望遠鏡で観測したときに，明るい雲は確認されなかった．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，同じ座標に白く明るい模様は確認されなかった．2017年4月16日にピリカ望遠鏡で同じ経度を観測できなかったが，同日のアマチュア画像では白く明るい雲は確認できなかった．17日のアマチュア画像では白く明るい雲が確認されたことから，南緯12度，経度約120度の積乱雲候補の雲は6日程度の寿命であったと考えられる．積乱雲形成前後のアマチュア画像を利用して推定した風速変化を確認すると，積乱雲が形成されるときには，仮説通りの東西風の加速が生じ，積乱雲が消滅するときには，仮説とは逆に東西風の減速が生じていた．しかし，他日付の観測データでの風速時間変動では，4月20日に確認されたような関係性が見られなかった．ただし，積乱雲と東西風の関係性を明らかにするには，十分な精度で東西風を推定できていない．また十分なデータ数を得られていない．これらのことから，積乱雲と東西風の関係性についてはまだ推測の域を出でいない．

キーワード：木星、積乱雲、対流、地上望遠鏡、雷雨
Keywords: Jupiter, Cumulonimbus, Convection, Ground-based telescope, thunderstorm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひさき衛星観測との比較を目指した木星内部磁気圏プラズマの動径方向拡散モデルの開発

Development of a radial diffusion model of Jovian inner magnetospheric plasma aimed at comparison with HISAKI satellite observation

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2]
*Kazuki Yamaguchi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fuminori Tsuchiya[1], Masato Kagitani[1], Ryoichi Koga[1], Tomoki Kimura[2]

1. 東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

惑星分光観測衛星ひさきは衛星イオの火山活動の変化に伴う木星内部磁気圏でのプラズマ増大・減少を捉えた。本研究は、木星内部磁気圏の複数のイオンおよび電子間の相互作用と動径方向輸送を理解することを目的とし、プラズマの質量及びエネルギーの収支と時間変化の追跡が可能な拡散モデルを開発した。また、このモデル結果とひさき衛星の観測と比較を行った。

木星第一衛星イオでは活発な火山活動があり、火山ガス起源のプラズマが内部磁気圏に放出される。プラズマは木星と共回転することでイオの公転軌道に沿ってドーナツ状に分布しており、イオプラズマトーラスと呼ばれている。木星内部磁気圏のプラズマは質量の9割が衛星イオの大気から供給され、木星の自転角運動量からエネルギーを得ながら動径方向に数十日の時間スケールで輸送される。また、輸送の過程で、衛星起源の重イオンプラズマ（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）は化学的な相互作用によって組成比、エネルギーが変化する[Delamere & Bagenal, 2003]。木星内部磁気圏におけるプラズマの質量とエネルギーの収支を知ることは、磁気圏のマクロな物理現象を理解する上で重要な課題である。

定常状態の木星内部磁気圏プラズマの動径方向分布モデルはVoyager1,Voyager2,Cassini探査機の観測結果に基づいて開発されている[Delamere *et al.*, 2005]。しかし、動径方向分布の時間変動を追跡できるモデルは研究報告がない。その背景として、これまでの探査機が、イオプラズマトーラスの空間分布を長期観測できなかったことが挙げられる。ひさき衛星は惑星観測専用の宇宙望遠鏡として連続運用されており、木星内部磁気圏の長期観測が可能である。実際に2015年1月下旬から4月上旬の約二か月間にわたって、イオからのプラズマ供給の増加に伴うイオプラズマトーラスの空間分布の変化が確認されている[Tsuchiya *et al.*, 2018, Yoshioka *et al.*, 2018]。

本研究ではイオ起源の主要な重イオン（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）の質量およびエネルギーの収支と動径方向輸送の時間発展を追跡可能なモデルをFokker-Planck方程式に基づき開発した。方程式系はDelamere *et al*.（2005）が開発した定常状態の磁気圏プラズマの質量およびエネルギー輸送モデルを基に、Forward Time Central Space（FTCS） 法により差分化した。イオン、電子間の化学的な相互作用はDelamere & Bagenal (2003)で用いられている電荷交換、電子衝突電離、電子再結合、クーロン相互作用、および電子衝突励起による放射項の係数を利用し、体積放射率はCHIANTIデータベースを利用して算出した。各イオン種と熱的電子の温度、密度の初期値はYoshioka *et al.*(2018)より、イオ火山活動が静穏であった2013年11月のひさき衛星観測結果を用いた。中性原子（O,S）の分布は動径方向のみに依存すると仮定した。内側境界条件は$6R_J$で密度の空間微分を0、イオン温度を60eVとし、外側境界条件は$30R_J$で密度、温度ともにひさき観測結果から得られる関数の計算値で固定した。この設定の下でモデルの妥当性を検証するため、$6\text{-}9R_J$の領域における各イオン種と電子の定常状態の温度、密度をひさき衛星の観測結果と比較した。定常状態では、高価数のイオン種ほど観測より高密度となり、O^{2+}の数密度は観測値の1.2-2.0倍であった。モデルでは電子温度が6-8eVと計算さ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れ、観測より数eV高温であったことから、電子衝突電離により高価数のイオン密度が高くなったと考えられる。今後、電子温度が数eV高く計算された原因を調べる必要がある。イオン温度は、特に低価数のイオンが観測に比べ高温となり、O^+は$12R_J$で280eV以上の温度となった。これは観測値より高い電子温度によって中性原子のイオン化が促進され、pick-upイオンによる加熱が促進されたためと考えられる。本発表ではモデルと観測の詳細な比較とその定量的な検証結果ついて述べる。

キーワード：木星、ひさき衛星
Keywords: Jupiter, HISAKI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション
Pitch angle scattering due to elastic collisions between magnetospheric 500eV-50keV electrons and neutral H_2O originated from Enceladus: Test particle simulation

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2]
*Hiroyasu Tadokoro[1], Yuto Katoh[2]

1. 武蔵野大学、2. 東北大学
1. Musashino University, 2. Tohoku University

Water group neutrals (H_2O, OH, and O) in Saturn’s inner magnetosphere play the dominant role in loss of energetic electrons and ions because of abundance of the neutrals [e.g., *Paranicas et al.,* 2007; *Sittler et al.,* 2008]. The observations of injected plasmas in the inner magnetosphere suggest that these particles do not survive very long time due to the neutral cloud originated from Enceladus [e.g., Paranicas et al., 2007; 2008]. Thus, the previous studies suggested that the neutral cloud contributes to loss processes of plasma in the inner magnetosphere. However, little has been reported on a quantitative study of the electron loss process due to electron-neutral collisions.

In this study, we focus on the elastic collisional loss process with neutral H_2O originated from Enceladus. Conducting one dimensional test particle simulation, Tadokoro et al., [2014] examined the time variations of equatorial electron pitch angle distribution and electrons within loss cone through 1keV electron pitch angle scattering due to elastic collisions around Enceladus. The result showed that the electrons of 11.4 % are lost in ~380 sec. The time corresponds to the time scale of the co-rotation of the flux tube passing through the region of the dense H_2O in the vicinity of Enceladus. Assuming the uniform azimuth H2O density structure in the Enceladus torus, they estimated the electron loss rate of 33% during one co-rotation.

Next remaining issue is a calculation of energy dependent electron loss rate. We show the loss rates through pitch angle scattering of electrons with 500 eV –50keV and the comparison of the loss rates between the high (in the vicinity of Enceladus) and low (in the Enceladus torus) H_2O density regions. We also show the calculation errors by making several times calculations.

キーワード：エンケラドス、ピッチ角散乱、電子ー中性衝突、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Enceladus, Pitch angle scattering, electron-neutral collision, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

Study of Jovian atmosphere dynamics by a multi-band imaging observation

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1]
Hayate Ito[1], Sumito Hirota[2], Isshi Tabe[3], *Hidehiko Suzuki[1]

1. 明治大学理工学研究科、2. かわさき宙（そら）と緑の科学館、3. 月惑星研究会
1. Meiji university, 2. Kawasaki municipal science museum, 3. Association of Lunar and Planetary Observers in Japan

木星上層大気には様々な構造が存在している。例として、帯(Zone)、縞(Belt)と呼ばれる特徴的な縞構造や、大赤斑(Great Red Spot : GRS)をはじめとする大小様々な渦構造が挙げられる。これらの構造の空間スケールや見た目の色は様々なタイムスケールで目まぐるしく変動していることが地上からの精力的な観測により知られている。表面構造の色は渦の収縮や合体などに伴って変動することが多い事から、地上から得られる見かけの色変動の情報は木星表面大気ダイナミクス解明のカギになると考えられている。本研究の目的は、木星表面上で起こる様々な渦の形態と色の変動を地上観測により精密に捉え、木星表面構造の色変化とそのメカニズムを解明する事である。そこで、本研究では分光データと構造の空間変動を同時に得ることのできるマルチバンドイメージング観測手法を開発した。観測対象となる帯域の決定には先行研究の分光観測データを参照し、木星表面で起こる色変化を効率よく捉えるための7バンドを選定した。さらに7バンドの画像を合成し、忠実な天然色画像を作成するために不可欠なバンド間相対感度を室内実験によって決定した。本発表では、開発したマルチバンドイメージング観測装置によって得られた初期観測結果について報告する。特に木星表面構造のうち最も代表的かつ永続的なSEB・EZ(Equatorial Zone)・NEB(North Equatorial Belt)・GRSに着目し、探査機カッシーニ、ハッブル宇宙望遠鏡によって得られたスペクトルとの比較検証結果を報告する。

キーワード：木星、木星大気、分光観測、マルチバンドイメージ
Keywords: Jupiter, Jovian atmosphere, spectroscopy, Multi-band imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1]
*Hiroaki Misawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

It is known that Jupiter's synchrotron radiation (JSR) has information on dynamics of the deep inner magnetosphere. We have made JSR observations in the decimeter radio wavelength more than a decade, and has showed that JSR generally shows short term variations by more than several tens percent with the time scale of days to weeks. A plausible causality of such the short term variations is due to solar UV/EUV variations; i.e., the solar UV/EUV heating for Jupiter's upper atmosphere drives neutral wind perturbations, and the induced dynamo electric field leads to enhancement of radial diffusion of relativistic electrons in the inner magentosphere. and then JSR shows variations. This scenario was initially proposed by Brice and McDonough [1973] and observationally confirmed by Miyoshi et al. [1999], Tsuchiya et al. [2011] and Kita et al., [2013] which is so to speak, an externally driving process. However, this scenario cannot be always applicable to any short term JSR variations, particularly fast variations with the time scale within a few days, and any other processes are required (Kita, 2015; Tsuchiya et al., 2019).
As a process which might explain such a fast variation in Jupiter's magnetosphere, an internally driving process, so-called 'substorm like event', is known (see Louarn et al., 2014). This phenomena is interpreted as a magnetic reconfiguration event occurred in the Jupiter's magnetotail region. Although it is revealed that major magnetic reconfiguration events generally affect the whole magnesphere from 10 to 80-120 Rj (Jupiter's radii), however, it has not been known whether the events affect the inner magnetosphere within 2 Rj.
In order to reveal unknown dynamics of the fast variations in JSR, we have tried to examine relationship between the fast variations and magnetic reconfiguration events. In this study we have used the plasma data explored by the Galileo orbiter in Jupiter's magnetosphere and also Jupiter's particular radio wave component in the hectrometer wave range (see Misawa et al., 2018) for searching magnetic reconfiguration events, and we have compared them with the daily JSR monitoring data at 327MHz observed with the radio telescopes of ISEE, Nagoya University, Japan. In the presentation, we will show results of the examination and discuss a linkage possibility between Jupiter's inner magnetosphere and magnetotail region.

キーワード：木星、放射線帯、極短期変動、磁気再結合
Keywords: Jupiter, radiation belt, fast variation, magnetic reconfiguration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響
Effects of the charged particles of solar wind on planetary atmospheres

*唐澤 信司[1]
*Shinji Karasawa[1]

1. 宮城工業高等専門学校 名誉教授
1. Miyagi National College of Technology Professor emeritus

太陽風の担い手は、太陽の自転による反時計回転方向に2km/secの回転成分を伴って平均速度450km/secで太陽から放射される質量のある荷電粒子のプロトン(H^+)です。磁気を持たない金星の正面に太陽風が衝突すると太陽風の回転運動成分が歯車の噛み合う仕組みで惑星の大気を時計回転方向に動かします。太陽風が金星の上空の雲を金星の西側に剥ぎ取るような姿の写真があります。この金星のスーパーローテーションは高度60kmの上空では100m/secですが金星の赤道の地面の自転速度は1.6 m/secです。金星の気圧はCO_2の3重点の72.8気圧を超えて90気圧もあり、CO_2の大気が地面に接して移動を続けて金星の自転を太陽の自転と反対の時計回転方向で1.6m/secの地表速度にしたと推測されます。

タイタンでは120kmの高度で最大120 m/sのスーパーローテーションが発生しています。タイタンの公転軌道の半径は120万kmで土星の110万kmの磁気圏の伸長した部分を通過します。太陽風のH^+が土星の磁場に入ると磁束に巻きついて直進せずに磁場に滞留します。H^+が電子を伴いプラズマとなって土星の自転と共に10.7時間で回転しています。タイタンの公転軌道では磁気圏の移動速度は200km/secになります。そこで、タイタンの表面は10.7 時間の周期で土星の磁気圏に滞留する荷電粒子のH^+が固体のCO_2にシャワーのように衝突してCH_4を生成し、液体のCH_4ができます。H^+の衝突速度はタイタンの土星に面した側と裏側では最大で843 m/secの差があり、タイタンの大気を土星の自転と同じ回転方向で周回させます。

[参考動画、唐澤信司, https://www.youtube.com/watch?v=3upO1KcvxF4&feature=youtu.be]

キーワード：太陽風、磁気圏、スーパースーローテーション、金星、土星、タイタン
Keywords: Solar wind, Magnetoshere, Superrotation, Venus, Saturn, Titan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)

水蒸気は放射冷却と凝結による潜熱放出により対流圏の大気大循環を駆動するが、その流れの中には等方的な乱流、層積雲や積乱雲、スコールラインや熱帯低気圧、さらにはマッデン・ジュリアン振動のような大規模現象まで、複雑で豊かな階層構造が形成されている。水蒸気は大きな空間スケールで長い時間をかけて蓄積され、流れに乗って輸送されるが、その凝結は短時間に小さい空間スケールで起こる。また、水蒸気や雲は地球の放射収支にも影響を与えるため、長期の気候変化を調節しているかもしれない。本セッションでは、水蒸気と組織化した雲群の相互作用を記述する湿潤大気科学の確立を将来目標に据え、理論・観測・モデルを問わず幅広い時空間スケールを対象とした研究を募集する。海大陸研究強化年(YMC)の現地観測や放射対流平衡実験のモデル間比較(RCEMIP)などの最新の知見を共有し、研究者間のコミュニケーションを円滑にすることで、長年の困難に対する突破口を開きたい。

[AAS03-P01] Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1] (1.東京大学)

[AAS03-P02] **A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley**

*Jing LiU[1]、Yushu Zhou[2]、Lianmei Yang[1] (1.Institute of Desert Meteorology,CMA、2.Institute of Atmospheric Physics,CAS)

[AAS03-P03] **The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea**

*Jou Ping Hou[1]、Bo-Shiou Wei[1]、Li-Zhen Su[1] (1.Chung Cheng Institute of Technology)

[AAS03-P04] **Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer**

*Yong Liu[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China)

[AAS03-P05] Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1]、Hironobu Iwabuchi[1] (1.Tohoku Univ.)

[AAS03-P06] Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1]、Takeshi Yamazaki[1] (1.Tohoku University)

[AAS03-P07] **Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia**

*Lianmei Yang[1]、Xuefeng Guan[1] (1.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,)

[AAS03-P08] Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1] (1.東京大学 大気海洋研究所)

[AAS03-P09] ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

*神野 拓哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS03-P10] **Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations**

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3] (1.福岡大学理学部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.富山大学理工学研究部、5.福岡大学大学院理学研究科)

[AAS03-P11] **Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics**

*Woosub Roh[1]、Tatsuya Seiki[2]、Masaki Satoh[1]、Tempei Hashino[3] (1.AORI, the university of Tokyo、2.JAMSTEC、3.Kochi university of technology)

[AAS03-P12] High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P13] Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

*bo hai Wang[1]、hua Zhang[2] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences)

Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1]
*Ong Chia Rui[1], Hiroaki Miura[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The cloud microphysical processes play a crucial part in controlling the water cycle, cloud formation, and radiation transfer in the atmosphere. These process are parameterized in a numerical weather prediction model by empirical formulae. In particular, empirical formulae for the prediction of the terminal velocity, drag coefficient, and shape of a free-falling water droplet are used widely in the parameterizations. Despite that the model accuracy is sensitive to the microphysics parameterizations to a considerable extent, these formulae are only verified by experiments which are conducted at room temperature and standard atmospheric pressure or linear theories in an ideal condition. The validity of the parameterizations is therefore questionable under general conditions and the accuracy of the numerical prediction may be affected.
In this work, a new numerical tool, the immersed boundary method, is proposed as an alternative way to investigate the terminal velocity, drag coefficient, and shape of an axisymmetric free-falling raindrop. This improved immersed boundary method for water droplet simulations is applied to verify those commonly used empirical formulae under different conditions. The largest size of the free-falling raindrop in this work is 0.5 mm. To first verify the reliability and robustness of this new method the terminal velocity and drag coefficient obtained from axisymmetric raindrop simulations at standard pressure and temperature fit well with the experimental data. Further simulation results of an axisymmetric free-falling raindrop of diameters of 0.025, 0.01, and 0.5 mm at different altitudes assuming a fixed lapse rate show that the variation of the shape of the raindrop is negligibly small, and there is a significant discrepancy between the numerical results and some of the widely used empirical formulae. The discrepancy is larger at higher altitudes for small raindrops. This is because of the assumption of the fixed drag coefficient in the derivation of those empirical formulae. A new parameterization with better accuracy for terminal velocity aloft of raindrops with diameter smaller than 0.5 mm is proposed. A further sensitivity test of a 0.5 mm free-falling axisymmetric raindrop with different surface tension coefficients are performed and the numerical results suggest that the change in the shape and terminal velocity is negligible with respect to aerosols.

キーワード：雲微物理、埋め込み境界方法、終端速度
Keywords: Cloud Microphysis, Immersed boundary method, Terminal velocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley

*Jing LiU[1], Yushu Zhou[2], Lianmei Yang[1]

1. Institute of Desert Meteorology,CMA, 2. Institute of Atmospheric Physics,CAS

An extreme precipitation events was happened during 31 July to 1 August, 2016 at Yili river valley which multi-stations breakthrough extreme precipitation’ s value. Based on calculation of water vapor transport stream function and the non-divergent (rotational) components, potential function and divergent (irrotational) components, the water vapor transport budget and water vapor transport trajectories for the Yili river valley using the conventional detection,1° x 1° NCEP/NCAR reanalysis, HYSPLIT model based on Lagrangian method, Ground-based GPS observation precipitable water vapor data(GPS-PWV) , the large-scale water vapor transport and convergence characteristics were analyzed during the heavy rainfall period. The results showed that: (1) The Indian, the Pacific and the Atlantic ocean all contributed to the water supply during the heavy rain period, and Indian summer monsoon circulation, the south China sea summer monsoon circulation at low latitudes and Atlantic ocean’ s east airflow at mid-latitude were constituted the water vapor transmission channel, which the Indian Ocean southwest water vapor transport mainly concentrated in the lower troposphere, and middle troposphere water vapor transport was given priority to the west flow of the Atlantic ocean and low trough itself; the valley was in the convergence area of water vapor flux during the heavy rain, and the convergence and uplift of the terrain to the West opening caused vertical motion development provided a favorable dynamic convergence mechanism for the occurrence of local heavy rain.(2) The 3000 m water vapor transmission trajectory included the westward and eastward path at bottom layer and the northward path at middle troposphere as complement of water vapor for the lower troposphere through the vertical motion, the southward path at lower troposphere which water vapor come from the Arabian sea,and the mid-latitude water vapor transport of the westward path was the most powerful ; The 5000 m water vapor transmission trajectory was dominated by the westward path and the low trough itself;(3) During the precipitation period, the water vapor was concentrated in the lower troposphere which transported to the upper level through vertical movement, and the water vapor was positive at the middle and upper layers contrasted with negative at the lower layer. south boundary of water vapor inflow was rapidly increasing at the lower layer while the middle and higher layer water vapor inflow derived from the western boundary during the heavy rainfall period;(4)Yili river valley GPS-PWV jumped caused by the southwest airflow front of low trough before the rainfall happened and steadily maintain the high value influenced by India southwest monsoon during the heavy rainfall period. The large-scale water vapor transport convergence enhancement corresponding local GPS-PWV increased, suggested that the water vapor supply in local heavy rain event was at least associated with the water vapor transport and convergence of hemisphere scale.

Keywords: torrential rain, transfer of water vapor, lagrange trajectory, ground-based GPS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea

*Jou Ping Hou[1], Bo-Shiou Wei[1], Li-Zhen Su[1]

1. Chung Cheng Institute of Technology

The South China Sea is vast with a tropical maritime climate near the equator and a subtropical climate in the north. Therefore, although it is winter, there are still deep convective and strong precipitation systems in the South China Sea. In summer, thermal convection is strong, sometimes typhoons pass; Dongsha Island and Taiping Island are located in the north and south of the South China Sea. The weather in the region is bound to be significantly affected by various weather systems in the South China Sea. We selected the winter of December 2017 and the summer of June 2018 to study it. The Dongsha Island and Taiping Island areas were subjected to research on the northeast monsoon and tropical convection. The dual island observation and satellite data were combined with numerical models to analyze the mutual interaction between the thermal and dynamic processes in the South China Sea. To enhance the understanding of the weather evolution mechanism in the South China Sea, in order to further clarify the various cloud-phase characteristics of the monsoon circulation and thermal convection in the South China Sea. The results show that the change of northeast monsoon intensity obviously affects the interaction of air-sea in the South China Sea, enhances the intensity of precipitation, and changes the amount and height of the stratus cumulus in the sea. In addition, the northeast monsoon circulation may interact with the surrounding terrain of the South China Sea, thus induces local deep convection. In the summer, the southwest monsoon will be enhanced and thermal convection is very strong. The intensity and life cycle of the typhoon can be maintained when it passes this area.

Keywords: Dongsha Island, Taiping Island, Air-Sea interaction, Deep Convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer

*Yong Liu[1]

1. Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China

This study provides a water vapor transport (WVT) perspective on the linkages between the South and East Asian summer monsoons (SASM and EASM) and indicates two robustly coupled modes of the vertical integrated WVT (VIWVT) over the two monsoons that accounts for above 90% of the total squared covariance fraction. The first coupled mode (SVD1 mode) depicts a meridional linkage between the meridional dipole VIWVT anomalies over both the SASM and EASM. While the second coupled mode (SVD2 mode) illustrates a zonal connection of an anomalous cyclonic/anticyclone VIWVT over the SASM and a zonal wave-like VIWVT over the EASM. The SVD1 mode is linked through the anomalous subtropical High over the western North Pacific (WNPSH) and primarily associated with the transition phase of El Niñ o/La Niña (ENSO) and simultaneous Indian Ocean Basin mode (IOBM) SST warming/cooling. The meridional connection of the VIWVT in the SVD1 mode experienced a clear intensification since the late-1970s that may be attributed to the strengthened impacts of the ENSO/IOBM on the EASM and SASM after the late-1970s. The SVD2 mode is connected by the Circumglobal teleconnection (CGT) pattern and related to the developing phase of ENSO and summer north Atlantic tripole (NAT) SST anomalies. The zonal VIWVT connection in SVD2 mode is strongly modulated by the SASM-CGT connections and reveals significant weakening since the late-1970s but re-intensifies after the early-1990s. This may be associated with the weakened ENSO-SASM relationship after the late-1970s and interdecadal decreasing of the all Indian summer rainfall since the early-1990s.

Keywords: Water vapor transport, South and East Asian summer monsoon, linkage, interdecadal change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1], Hironobu Iwabuchi[1]

1. Tohoku Univ.

Variation of the local Hadley cell (HC) northern boundary over the western North Pacific, and its interannual imprints on the tropospheric clouds and atmospheric fields are examined with observation and reanalysis data for the winter season from December 1982 to February 2016. The poleward shift of the local HC subsiding edge is marked by anomalous rising motion, large-scale decreased static stability, and corresponding increases of the midlevel cloud amount over the climatological sinking zone around 30N. These responses primarily locate over the continental and coastal areas instead of the open oceans. Concomitant with the increasing cloud fraction, a net negative top-of-atmosphere radiation anomaly is identified, and the main contributor is suggested to be the cumulus congestus, whose top pressures are in a range of 440–680 hPa, and optical thicknesses in a range of 23–60. Interactions between this specific cloud type and the vertical moist instability, and their constrains on the precipitation field is further discussed.

Keywords: Regional Hadley cell, Cloud and radiation, Precipitation pattern

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1], Takeshi Yamazaki[1]

1. Tohoku University

The seasonality and regional variability of diurnal cycle of rainfall (DCR) over Java Island and the surrounding area (coastal region of the Java Sea and the Indian Ocean) are analyzed through satellite observations. This study focus on the area where the studies of the seasonality of DCR over Indonesian Maritime Continent (IMC) are still limited. The DCR is a prominent phenomenon over IMC which is important for aviation industry and related to heavy precipitation events that cause hydro-meteorological disasters.

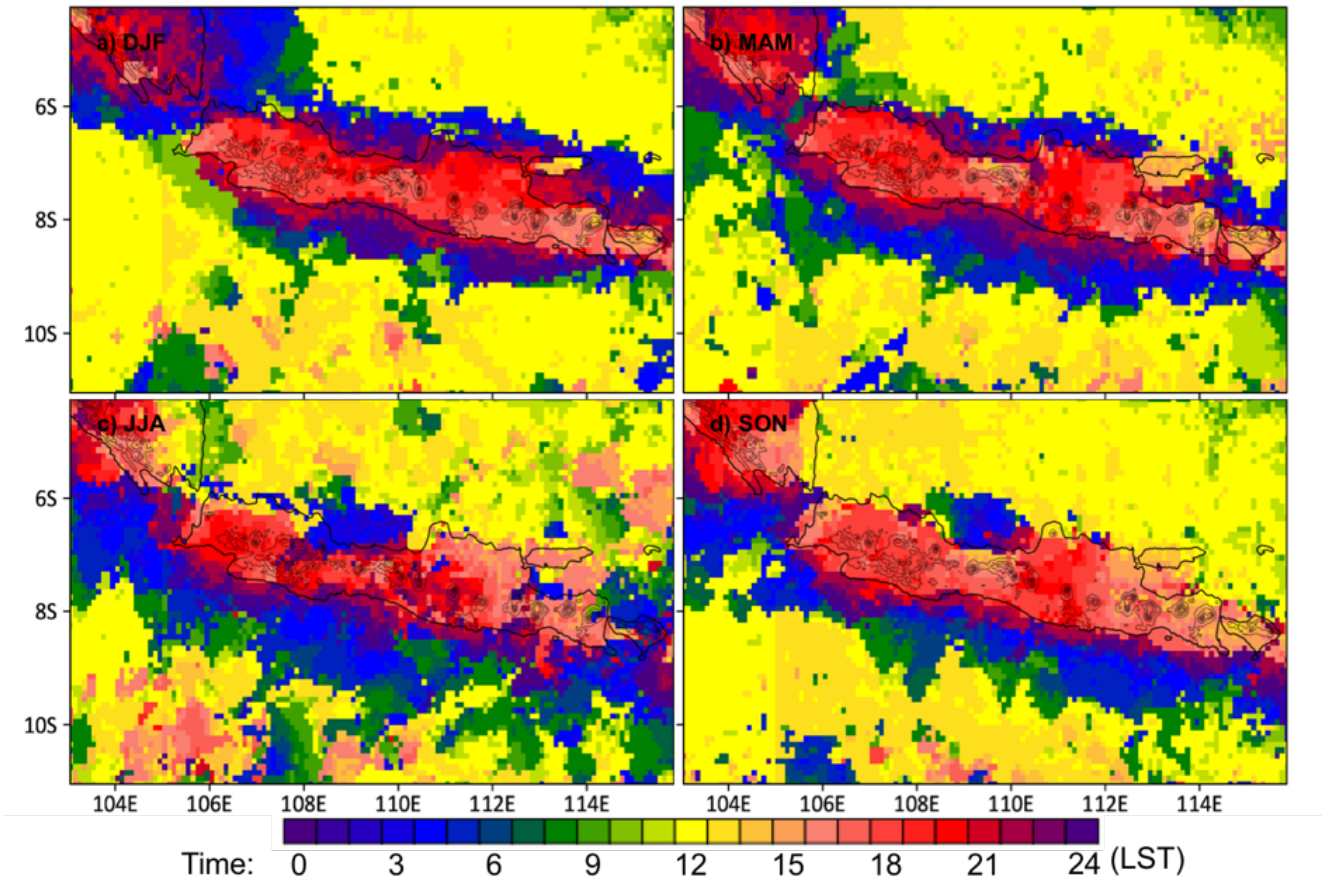
In this study, **we investigate seasonal and regional variation of DCR (the phase and the amplitude)** through satellite observations. High resolution (spatial and temporal) rainfall estimate is needed to capture feature of DCR over the study area which is difficult to obtain from ground observation. We **mainly employ the high-resolution dataset of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) reanalysis (GSMaP_RNL) and near real time (GSMaP_NRT).** The analysis of DCR seasonal variability is based on investigation throughout boreal winter (December-January-February), boreal spring (March-April-May), boreal summer (June-July-August), and boreal autumn (September-October-November) from 2008-2018 (GSMaP_NRT) and 2009-2014 (GSMaP_RNL).

The results show that hourly data of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT with 0.1˚ spatial resolution are able to depict the detailed features of the seasonality and regional variability of DCRover Java Island and surrounding areas. **The comparison between GSMaP_RNL and GSMaP_NRT shows that GSMaP_NRT represents significant time lag of DCR phase over off shore region. GSMaP_NRT shows that the offshore region of the Java Sea is dominated by noon-afternoon rainfall while GSMaP_RNL shows morning rainfall.** However, both of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT show similar pattern on phase and amplitude of DCR. Phase of DCR indicates the time when maximum rainfall occurs, while amplitudes indicates the magnitude of DCR. In general, both of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT composites, show that the land region with wider landmass area (West Java and western part of East Java) is dominated by evening phase while narrow landmass area (Central Java and eastern part of Java Island) is dominated by late afternoon phase. A large magnitude of the DCR is concentrated inland. The Java Sea has a higher amplitude of DCR compared to the Indian Ocean and the coastal region. The amplitude over the coastal region of the Indian Ocean is higher than over the Indian Ocean and the coastal area of the Java Sea.

Both of rainfall estimates capture inhomogeneous seasonal shifting phase of DCR over this region. The remarkable seasonal shifting phase occurs along the coastal area of the Java Sea. Though, phase shifting over inland of a wide landmass area and the coastal region of the Indian Ocean is not significant. Inhomogeneous seasonal shifting phase of DCR indicated interactions between local circulations, which affected by the topography (e.g. terrain and shape of the coastline), and large circulations (background wind, synoptic conditions, etc.). The analysis of wind profile from reanalysis data confirms the seasonal change of interactions between large and small circulations that caused seasonal shifting phase of DCR.

Keywords: Diurnal cycle of rainfall (DCR), Seasonal variability, Regional variability, Shifting Phase, GSMaP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia

*Lianmei Yang[1], Xuefeng Guan[1]

1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,

As climate transition zone between Mediterranean climate region and East Asian monsoon region, arid region of Central Asia (including five Central Asian countries and Xinjiang province of China) which is influenced by high, middle and low latitude circulations has different synoptic-climatic characteristics from that of Europe and East Asia while its climate characteristics also varies greatly within the region. Central Asia has unique and complicated topography and ecosystem patterns like deserts, oasis, glaciers and basins, forming a highly representative meteorological disaster-breeding environment under the influence of multiple-background, multiple-factor and multiple-scale. This area has abundant solar-heat energy, large evaporation and dramatic temperature changes. Besides, its precipitation is scarce and has extremely uneven distribution with high value in the western and middle parts of Tianshan Mountains. Over the last one hundred years, Central Asia has experienced a warm and wet trend. Central Asia low value system together with the high, middle and low latitude circulation systems linked by West Asia westerly jet stream have contributed to the interdecadal and interannual variations of precipitation in Xinjiang. However, due to the insufficient construction of integrated meteorological observation network, the studies concerning regional featured circulation system, regularity and mechanism of disastrous weathers, high resolution regional numerical model, impacts of land-atmosphere interaction on regional weather and climate change prediction are still inadequate. Correspondingly, to carry out those studies has essential scientific significance and strategic value for the sustainable social and economic development in Silk Road Economic Belt.

Keywords: Arid region of Central Asia, synoptic-climatic characteristics, precipitation anomaly, atmospheric circulation, water vapor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1]
*Kanta Nakae[1], Masaki Satoh[1], Daisuke Takasuka[1]

1. 東京大学 大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The 20-90-day Intraseasonal Oscillation (ISO) is one of the dominant modes of tropical variability. In boreal summer northward propagation (NP), which occurs on ISO time scales, originates near the equator and extends to India and western North Pacific Ocean. Understanding the NP of the boreal summer ISO (BSISO) is of vital importance to extended-range weather prediction. Hence, several mechanisms of the NP have been examined. However, they are still incompletely understood. The purpose of this study is to investigate the importance of vertical shear and sea surface temperature (SST) for the NP of the BSISO. In order to obtain a basic structure of the BSISO, we have conducted JJA-perpetual experiments using the Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) with a 56-km horizontal mesh.
Although the perpetual experiment has strong Indian monsoon over Arabian sea due to the bias of surface temperature on land, it is found that the NP of the BSISO from Indian Ocean (IO) has two abovementioned mechanisms. One warm SST anomaly north of convection destabilize the lower troposphere, while another tilted vertical shear can generate positive barotropic vorticity to the north of convection. In order to assess the effect of the former mechanism, we made an experiment using fix SST (SSTFIX) obtained from CTL experiment. SSTFIX experiment reproduces the NP of the BSISO from IO, although the amplitude became lower. Therefore, it suggests that the NP of the BSISO from IO doesn’t need warm SST anomaly. To Improve the bias related to basic state like vertical shear, we conducted an experiment using nudging method for surface temperature on land (LNDADJ). In LNDADJ experiment the NP of the BSISO from IO isn’t reproduced due to reduction of column water vapor over Bay of Bengal. Thus, tilted vertical shear can just begin the NP. On the other hand, it is suggested that the NP needs SST and column water vapor to maintain its strength.

キーワード：北半球夏季季節内振動、アジアモンスーン、北進
Keywords: Boreal summer intraseasonal oscillation, Asian monsoon, Northward propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

Fractality in the perimeter of tropical clouds observed by Himawari-8 or simulated by a high-resolution model

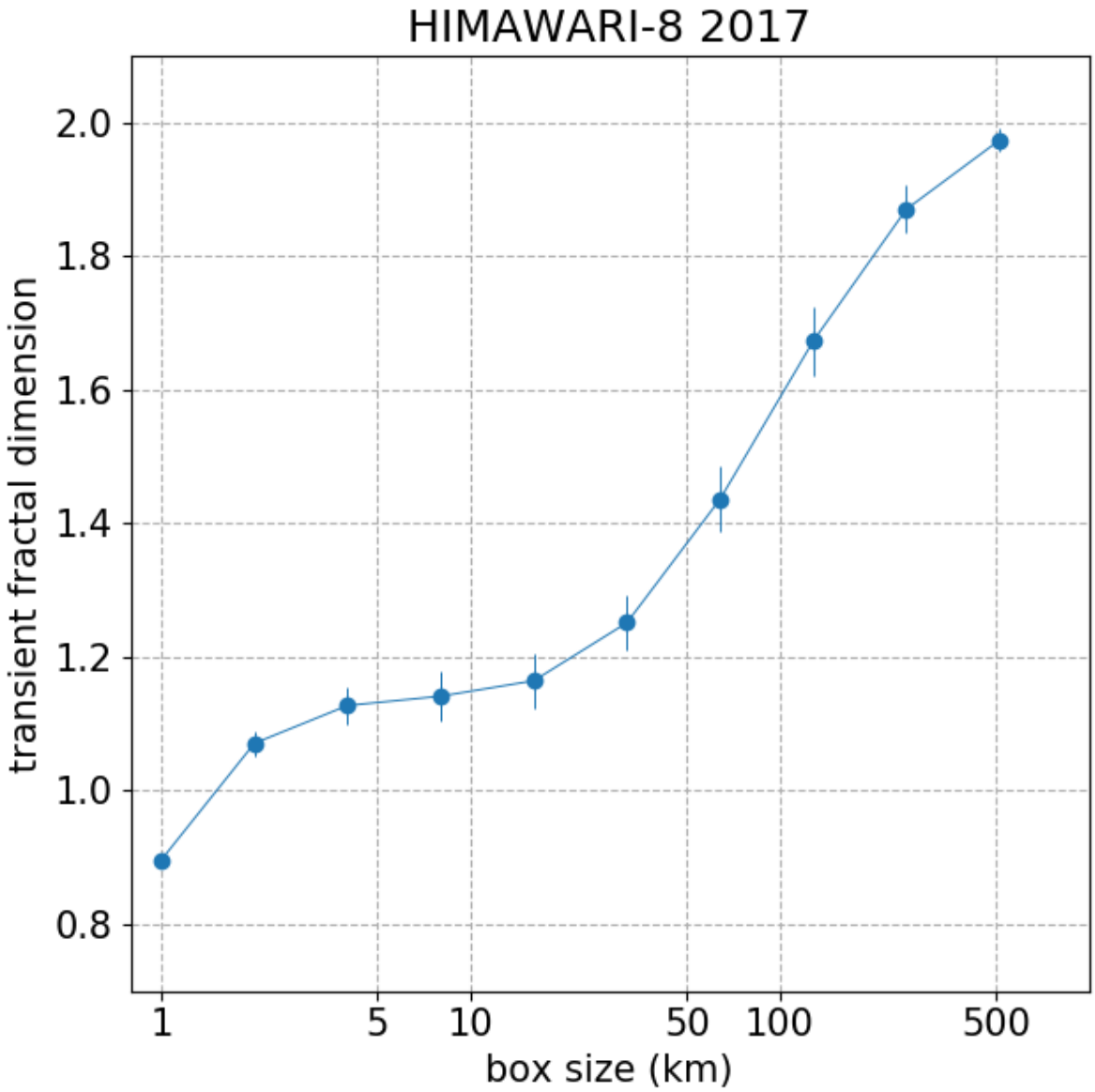
*神野 拓哉[1]
*Takuya Jinno[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Cloud clusters show a wide variety of shape and size, and their spatial pattern is often taken up as a typical example of fractal. However, the methods of studying fractal are in an early stage of development. In this study, we conducted fractal analysis on the perimeter of tropical clouds using satellite observation and cloud-resolving simulation of sub-kilometer resolution. We evaluated fractal dimension as a function of spatial scale (transient fractal dimension) and quantified the characteristic spatial scale of the pattern from the scale where self-similarity breaks down. From the observational data from HIMAWARI-8, It is shown that the self-similarity of the cloud perimeter persists only in the spatial scale range from 2 km up to 30 km. The limit of the self-similarity is suggested to be the characteristic scale of the pattern formation of tropical clouds. The cloud-resolving simulation data with NICAM also shows finite-size self-similarity. However, the profile of the transient fractal dimension changed with integration time far more rapidly than HIMAWARI-8 observation, and it lost its self-similarity at the end of the 48-hour simulation. This process is suggested to reflect the increase of stratiform cloud in the upper-troposphere as an adjustment to the transition of spatial resolution.

キーワード：フラクタル、ひまわり8号、雲解像モデル
Keywords: fractal, HIMAWARI-8, cloud-resolving model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3]
*Noriyuki Nishi[1], Atsushi Hamada[4], Yohei Yamada[2], Tomoe Nasuno[2], Reona Satoh[5], Masaki Satoh[3]

1. 福岡大学理学部、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 富山大学理工学研究部、5. 福岡大学大学院理学研究科
1. Faculty of Science, Fukuoka Universtiy, 2. JAMSTEC, 3. AORI, University of Tokyo, 4. Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 5. Graduate School of Science, Fukuoka University

Over the central/eastern tropical Pacific, the Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ) is detected in the northern side of the equator. In the ITCZ, we can sometimes observe drastic deformation of the cloud bands elongated zonally with several thousand-kilometer scale. The initial stage of the band, which is composed of deep convective systems, expands meridionally and separates into two or three parallel cirrus bands that keep alive one or two days (Hamada et al., 2013, JMSJ). These separation events cannot be well described in the objective analysis datasets, probably due to lack of the observations over the open ocean; investigation of their mechanism with the analysis data is difficult. In order to study their mechanism, we attempted to use the numerical simulation results of global cloud system resolving model NICAM (Satoh et al. 2014, Progress in Earth and Planetary Science) to find similar events in them. If we can find separation events in the results, we can examine the mechanism with many physical parameters including wind, various kinds of hydrometeors. We have already analyzed several numerical experiment results for different periods, resolution and physical schemes.

We found a similar separation event in an output of the simulation for one year from June 2004 and horizontal resolution 3.5 km. We examined the life cycle of the cirrus bands after separation. One interesting point is on the height of the cirrus clouds in the separated bands. The simulated cirrus clouds in the bands lie in the 13-14 km height level, while the height of the maximum meridional wind that contributes to the meridional movement of the cirrus bands is about 12 km. This difference of the heights means that the cirrus clouds were not just advected by meridional wind but were possibly developed in the course of the separation.

The trigger of zonally simultaneous separation of a long band is another our interest. Inertial instability may be a candidate since vertical exchange of zonal momentum by deep convection would occur in an original band and result in the large meridional shear of the zonal wind in the upper troposphere. We tried to confirm necessary condition for inertial instability by calculating geostrophic vorticity, following the general procedure. However, the position of the bands is too close to the equator (3-7N) to establish geostrophic relationship, and the spatial pattern of the geostrophic vorticity is too noisy to analyze. Therefore, we instead calculate simple absolute vorticity. We found that the absolute vorticity around the separated bands was almost negative. It suggests the possibility of the inertial (or similar kind of) instability.

We are now analyzing another numerical experiment including four kinds of runs using a cloud scheme with different cloud parameter settings. In the real atmosphere, a separation event occurred on 16-17 June 2008 at the just east of the date line. The event can be simulated in all of four runs at 36 hours from the initial time. It suggests that the basic mechanism of the separation is not sensitive to the detail of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

cloud systems. By analyzing the dynamical fields of these outputs, we are trying to find the key mechanisms to trigger the meridional separation of the cloud bands.

キーワード：熱帯、ITCZ、巻雲
Keywords: tropics, ITCZ, cirrus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics

*Woosub Roh[1], Tatsuya Seiki[2], Masaki Satoh[1], Tempei Hashino[3]

1. AORI, the university of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Kochi university of technology

It is important to evaluate and improve the cloud properties in global non-hydrostatic models like a Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM, Satoh et al. 2014) using observation data. One of the methods is a radiance-based evaluation using satellite data and a satellite simulator (here Joint simulator, Hashino et al. 2013), which avoids making different settings of the microphysics between retrieval algorithms and NICAM.

One of the challenging issues is an evaluation of mixed-phase clouds, which consist of water vapor, ice particles, and supercooled water droplets. It is known one of the main reasons why climate models reveal large errors about the reflection of solar radiation over the Southern Ocean and Arctic.

This study is an evaluation and improvement of mixed-phase clouds over the Southern Ocean in NICAM using a Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO) and a satellite simulator. We evaluated thermodynamics phase of mixed phases clouds over the Southern Ocean in a regional version of NICAM between 45˚S to 65˚S and 170˚E to 170˚W following Yoshida et al. (2010) method. We found underestimation of supercooled water clouds in our single moment scheme. We improved the single moment microphysics scheme using a double moment microphysics and a single column model. We also investigate the impact of microphysics scheme on moisture distributions and the size of cloud systems.

Keywords: microphysics, CALIPSO, Satellite simulator

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2]
*Tomoki Ohno[1], Masaki Satoh[2]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Since it has been recognized that the uncertainty of cloud feedback is one of main contributors to the intermodel spread of climate sensitivity, the reduction of the uncertainties associated with cloud response to global warming has been one of central issues for robust projections and predictions of climate variability and change. High clouds have large impacts on the Earth’s radiative energy budget, and the uncertainty of their response to climate change is known as one of large sources of the climate sensitivity spread although several possible hypotheses to predict the response have been proposed. As the radiation-cloud interaction plays a crucial role in the determination of life time of high clouds, the improvement of the understanding of cloud property responses to global warming helps the reduction of climate-sensitivity variability associated with the high-clouds feedback.

In order to investigate the cloud-property response to climate change, we conducted simulations with RCE configurations using a high-resolution nonhydrostatic global circulation model (the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model; NICAM) with the earth-like sphere for simplifying the problem. Sea surface temperatures (SSTs) are fixed at 300K and 304K and a double-moment bulk scheme are used without cumulus parameterization scheme.

We found that high cloud amount increases with SST increase, as consistent with the previous NICAM studies. It was also determined that the change in particularly optically thin clouds whose optical thicknesses were <3 was dominant, and such thin clouds tended to have large particle sizes. These suggests that the slow evaporative property of ice phase clouds and their representability can play one of key roles in the uncertainty of the high-cloud amount change in global warming.

キーワード：cloud property responses、cloud feedback、climate change
Keywords: cloud property responses, cloud feedback, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

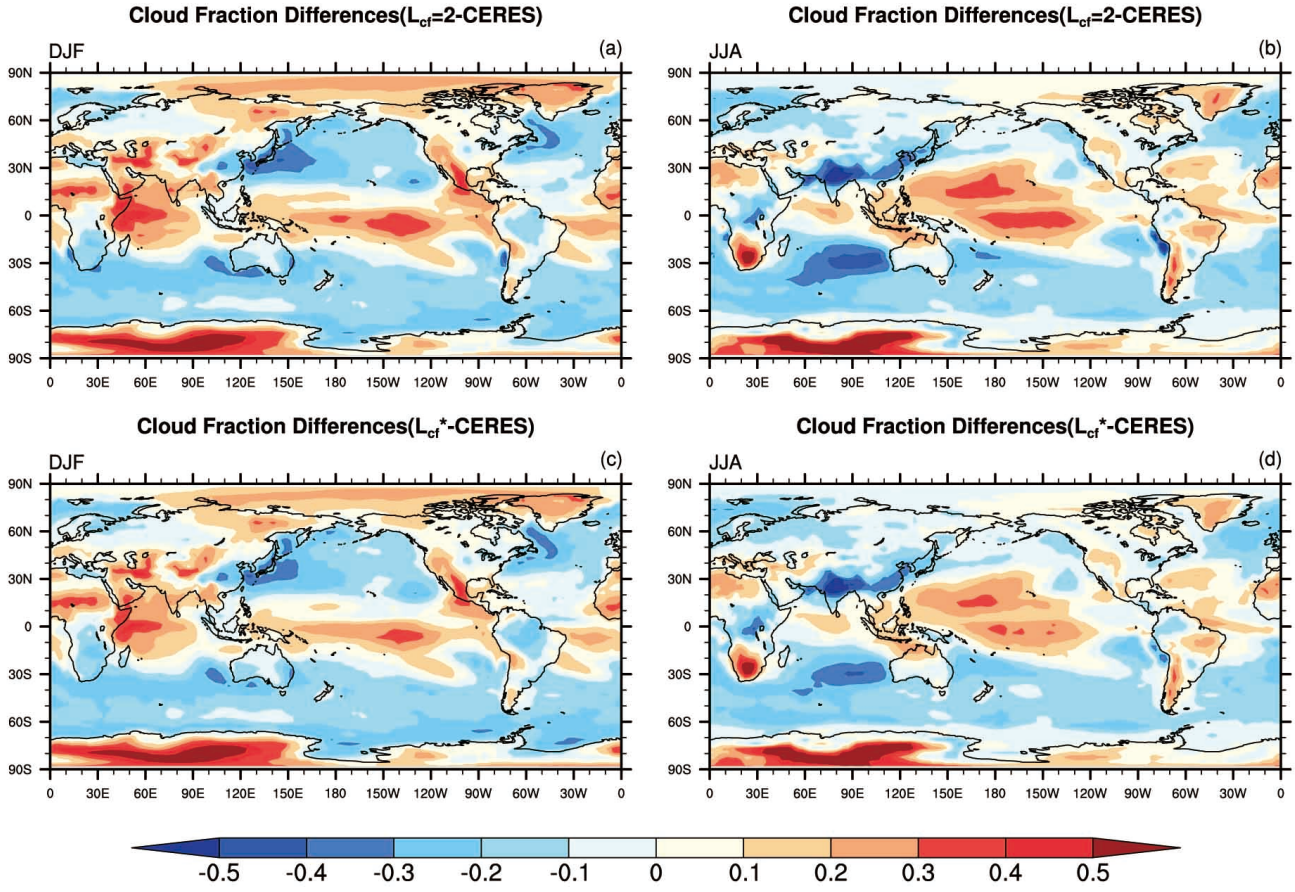
*bo hai Wang[1], hua Zhang[2]

1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 2. State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences

The cloud overlapping parameter (vertical decorrelation length, L_{cf}) from CloudSat/CALIPSO is implemented in Beijing Climate Center’ s GCM (BCC_AGCM2.0) to reduce the uncertainly in radiation field. Comparing the climate simulation results obtained by using the constant L_{cf} of 2 km with those using the above retrieved L_{cf}, it is found that the total cloud fraction simulation has been obviously improved by using the satellite-based L_{cf}. The error of global mean total cloud fraction between simulations and CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) satellite data is decreased by 1.6% in both the winter and summer, of which the positive deviation of total cloud amount at tropical convection area and the negative deviation in subtropical region both are significantly reduced. These improvements are helpful for better simulation of energy budget differences between different regions. In East Asia, using the satellite-based L_{cf} can decrease the error of average total cloud fraction (compared to the CERES) by 1.8% (1.4%) in the winter (summer).Overall, using L_{cf} from CloudSat/CALIPSO satellite data can improve the simulation of total cloud fraction and thus obtain more accurate simulation of radiation field.

Keywords: Cloud overlapping parameter, Vertical decorrelation length, Total cloud fraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)

水蒸気は放射冷却と凝結による潜熱放出により対流圏の大気大循環を駆動するが、その流れの中には等方的な乱流、層積雲や積乱雲、スコールラインや熱帯低気圧、さらにはマッデン・ジュリアン振動のような大規模現象まで、複雑で豊かな階層構造が形成されている。水蒸気は大きな空間スケールで長い時間をかけて蓄積され、流れに乗って輸送されるが、その凝結は短時間に小さい空間スケールで起こる。また、水蒸気や雲は地球の放射収支にも影響を与えるため、長期の気候変化を調節しているかもしれない。本セッションでは、水蒸気と組織化した雲群の相互作用を記述する湿潤大気科学の確立を将来目標に据え、理論・観測・モデルを問わず幅広い時空間スケールを対象とした研究を募集する。海大陸研究強化年(YMC)の現地観測や放射対流平衡実験のモデル間比較(RCEMIP)などの最新の知見を共有し、研究者間のコミュニケーションを円滑にすることで、長年の困難に対する突破口を開きたい。

[AAS03-P01] Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1] (1.東京大学)

[AAS03-P02] **A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley**

*Jing LiU[1]、Yushu Zhou[2]、Lianmei Yang[1] (1.Institute of Desert Meteorology,CMA、2.Institute of Atmospheric Physics,CAS)

[AAS03-P03] **The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea**

*Jou Ping Hou[1]、Bo-Shiou Wei[1]、Li-Zhen Su[1] (1.Chung Cheng Institute of Technology)

[AAS03-P04] **Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer**

*Yong Liu[1] (1.Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China)

[AAS03-P05] Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1]、Hironobu Iwabuchi[1] (1.Tohoku Univ.)

[AAS03-P06] Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1]、Takeshi Yamazaki[1] (1.Tohoku University)

[AAS03-P07] **Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia**

*Lianmei Yang[1]、Xuefeng Guan[1] (1.Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,)

[AAS03-P08] Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1] (1.東京大学 大気海洋研究所)

[AAS03-P09] ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

*神野 拓哉[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[AAS03-P10] **Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations**

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3] (1.福岡大学理学部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.富山大学理工学研究部、5.福岡大学大学院理学研究科)

[AAS03-P11] **Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics**

*Woosub Roh[1]、Tatsuya Seiki[2]、Masaki Satoh[1]、Tempei Hashino[3] (1.AORI, the university of Tokyo、2.JAMSTEC、3.Kochi university of technology)

[AAS03-P12] High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[AAS03-P13] Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

*bo hai Wang[1]、hua Zhang[2] (1.Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences、2.State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences)

Numerical investigation on the shape, terminal velocity, and drag coefficient of a small raindrop by the improved immersed boundary method

*王 家瑞[1]、三浦 裕亮[1]
*Ong Chia Rui[1], Hiroaki Miura[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The cloud microphysical processes play a crucial part in controlling the water cycle, cloud formation, and radiation transfer in the atmosphere. These process are parameterized in a numerical weather prediction model by empirical formulae. In particular, empirical formulae for the prediction of the terminal velocity, drag coefficient, and shape of a free-falling water droplet are used widely in the parameterizations. Despite that the model accuracy is sensitive to the microphysics parameterizations to a considerable extent, these formulae are only verified by experiments which are conducted at room temperature and standard atmospheric pressure or linear theories in an ideal condition. The validity of the parameterizations is therefore questionable under general conditions and the accuracy of the numerical prediction may be affected.
In this work, a new numerical tool, the immersed boundary method, is proposed as an alternative way to investigate the terminal velocity, drag coefficient, and shape of an axisymmetric free-falling raindrop. This improved immersed boundary method for water droplet simulations is applied to verify those commonly used empirical formulae under different conditions. The largest size of the free-falling raindrop in this work is 0.5 mm. To first verify the reliability and robustness of this new method the terminal velocity and drag coefficient obtained from axisymmetric raindrop simulations at standard pressure and temperature fit well with the experimental data. Further simulation results of an axisymmetric free-falling raindrop of diameters of 0.025, 0.01, and 0.5 mm at different altitudes assuming a fixed lapse rate show that the variation of the shape of the raindrop is negligibly small, and there is a significant discrepancy between the numerical results and some of the widely used empirical formulae. The discrepancy is larger at higher altitudes for small raindrops. This is because of the assumption of the fixed drag coefficient in the derivation of those empirical formulae. A new parameterization with better accuracy for terminal velocity aloft of raindrops with diameter smaller than 0.5 mm is proposed. A further sensitivity test of a 0.5 mm free-falling axisymmetric raindrop with different surface tension coefficients are performed and the numerical results suggest that the change in the shape and terminal velocity is negligible with respect to aerosols.

キーワード：雲微物理、埋め込み境界方法、終端速度
Keywords: Cloud Microphysis, Immersed boundary method, Terminal velocity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valleyA diagnostic study of water vapor during an extreme precipitation event in Yili river valley

*Jing LiU[1], Yushu Zhou[2], Lianmei Yang[1]

1. Institute of Desert Meteorology,CMA, 2. Institute of Atmospheric Physics,CAS

An extreme precipitation events was happened during 31 July to 1 August, 2016 at Yili river valley which multi-stations breakthrough extreme precipitation’ s value. Based on calculation of water vapor transport stream function and the non-divergent (rotational) components, potential function and divergent (irrotational) components, the water vapor transport budget and water vapor transport trajectories for the Yili river valley using the conventional detection,1° x 1° NCEP/NCAR reanalysis, HYSPLIT model based on Lagrangian method, Ground-based GPS observation precipitable water vapor data(GPS-PWV) , the large-scale water vapor transport and convergence characteristics were analyzed during the heavy rainfall period. The results showed that: (1) The Indian, the Pacific and the Atlantic ocean all contributed to the water supply during the heavy rain period, and Indian summer monsoon circulation, the south China sea summer monsoon circulation at low latitudes and Atlantic ocean’ s east airflow at mid-latitude were constituted the water vapor transmission channel, which the Indian Ocean southwest water vapor transport mainly concentrated in the lower troposphere, and middle troposphere water vapor transport was given priority to the west flow of the Atlantic ocean and low trough itself; the valley was in the convergence area of water vapor flux during the heavy rain, and the convergence and uplift of the terrain to the West opening caused vertical motion development provided a favorable dynamic convergence mechanism for the occurrence of local heavy rain.(2) The 3000 m water vapor transmission trajectory included the westward and eastward path at bottom layer and the northward path at middle troposphere as complement of water vapor for the lower troposphere through the vertical motion, the southward path at lower troposphere which water vapor come from the Arabian sea,and the mid-latitude water vapor transport of the westward path was the most powerful ; The 5000 m water vapor transmission trajectory was dominated by the westward path and the low trough itself;(3) During the precipitation period, the water vapor was concentrated in the lower troposphere which transported to the upper level through vertical movement, and the water vapor was positive at the middle and upper layers contrasted with negative at the lower layer. south boundary of water vapor inflow was rapidly increasing at the lower layer while the middle and higher layer water vapor inflow derived from the western boundary during the heavy rainfall period;(4)Yili river valley GPS-PWV jumped caused by the southwest airflow front of low trough before the rainfall happened and steadily maintain the high value influenced by India southwest monsoon during the heavy rainfall period. The large-scale water vapor transport convergence enhancement corresponding local GPS-PWV increased, suggested that the water vapor supply in local heavy rain event was at least associated with the water vapor transport and convergence of hemisphere scale.

Keywords: torrential rain, transfer of water vapor, lagrange trajectory, ground-based GPS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Study on the Characteristics of Weather and Cloud Types in the Summer and Winter Seasons of the South China Sea

*Jou Ping Hou[1], Bo-Shiou Wei[1], Li-Zhen Su[1]

1. Chung Cheng Institute of Technology

The South China Sea is vast with a tropical maritime climate near the equator and a subtropical climate in the north. Therefore, although it is winter, there are still deep convective and strong precipitation systems in the South China Sea. In summer, thermal convection is strong, sometimes typhoons pass; Dongsha Island and Taiping Island are located in the north and south of the South China Sea. The weather in the region is bound to be significantly affected by various weather systems in the South China Sea. We selected the winter of December 2017 and the summer of June 2018 to study it. The Dongsha Island and Taiping Island areas were subjected to research on the northeast monsoon and tropical convection. The dual island observation and satellite data were combined with numerical models to analyze the mutual interaction between the thermal and dynamic processes in the South China Sea. To enhance the understanding of the weather evolution mechanism in the South China Sea, in order to further clarify the various cloud-phase characteristics of the monsoon circulation and thermal convection in the South China Sea. The results show that the change of northeast monsoon intensity obviously affects the interaction of air-sea in the South China Sea, enhances the intensity of precipitation, and changes the amount and height of the stratus cumulus in the sea. In addition, the northeast monsoon circulation may interact with the surrounding terrain of the South China Sea, thus induces local deep convection. In the summer, the southwest monsoon will be enhanced and thermal convection is very strong. The intensity and life cycle of the typhoon can be maintained when it passes this area.

Keywords: Dongsha Island, Taiping Island, Air-Sea interaction, Deep Convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Linkages between the South and East Asian Monsoon water vapor transport during boreal summer

*Yong Liu[1]

1. Institute of Atmospheric Physics, Beijing , China

This study provides a water vapor transport (WVT) perspective on the linkages between the South and East Asian summer monsoons (SASM and EASM) and indicates two robustly coupled modes of the vertical integrated WVT (VIWVT) over the two monsoons that accounts for above 90% of the total squared covariance fraction. The first coupled mode (SVD1 mode) depicts a meridional linkage between the meridional dipole VIWVT anomalies over both the SASM and EASM. While the second coupled mode (SVD2 mode) illustrates a zonal connection of an anomalous cyclonic/anticyclone VIWVT over the SASM and a zonal wave-like VIWVT over the EASM. The SVD1 mode is linked through the anomalous subtropical High over the western North Pacific (WNPSH) and primarily associated with the transition phase of El Niñ o/La Niña (ENSO) and simultaneous Indian Ocean Basin mode (IOBM) SST warming/cooling. The meridional connection of the VIWVT in the SVD1 mode experienced a clear intensification since the late-1970s that may be attributed to the strengthened impacts of the ENSO/IOBM on the EASM and SASM after the late-1970s. The SVD2 mode is connected by the Circumglobal teleconnection (CGT) pattern and related to the developing phase of ENSO and summer north Atlantic tripole (NAT) SST anomalies. The zonal VIWVT connection in SVD2 mode is strongly modulated by the SASM-CGT connections and reveals significant weakening since the late-1970s but re-intensifies after the early-1990s. This may be associated with the weakened ENSO-SASM relationship after the late-1970s and interdecadal decreasing of the all Indian summer rainfall since the early-1990s.

Keywords: Water vapor transport, South and East Asian summer monsoon, linkage, interdecadal change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interannual Modulation of the Local Hadley Circulation on Clouds, Radiation and Diagnostic Fields over the Western North Pacific

*Xinyue Wang[1], Hironobu Iwabuchi[1]

1. Tohoku Univ.

Variation of the local Hadley cell (HC) northern boundary over the western North Pacific, and its interannual imprints on the tropospheric clouds and atmospheric fields are examined with observation and reanalysis data for the winter season from December 1982 to February 2016. The poleward shift of the local HC subsiding edge is marked by anomalous rising motion, large-scale decreased static stability, and corresponding increases of the midlevel cloud amount over the climatological sinking zone around 30N. These responses primarily locate over the continental and coastal areas instead of the open oceans. Concomitant with the increasing cloud fraction, a net negative top-of-atmosphere radiation anomaly is identified, and the main contributor is suggested to be the cumulus congestus, whose top pressures are in a range of 440–680 hPa, and optical thicknesses in a range of 23–60. Interactions between this specific cloud type and the vertical moist instability, and their constrains on the precipitation field is further discussed.

Keywords: Regional Hadley cell, Cloud and radiation, Precipitation pattern

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal and Regional Variation of Diurnal Cycle of Rainfall over Java Island and the Surrounding Area

*Madam Taqiyya Maulana[1], Takeshi Yamazaki[1]

1. Tohoku University

The seasonality and regional variability of diurnal cycle of rainfall (DCR) over Java Island and the surrounding area (coastal region of the Java Sea and the Indian Ocean) are analyzed through satellite observations. This study focus on the area where the studies of the seasonality of DCR over Indonesian Maritime Continent (IMC) are still limited. The DCR is a prominent phenomenon over IMC which is important for aviation industry and related to heavy precipitation events that cause hydro-meteorological disasters.

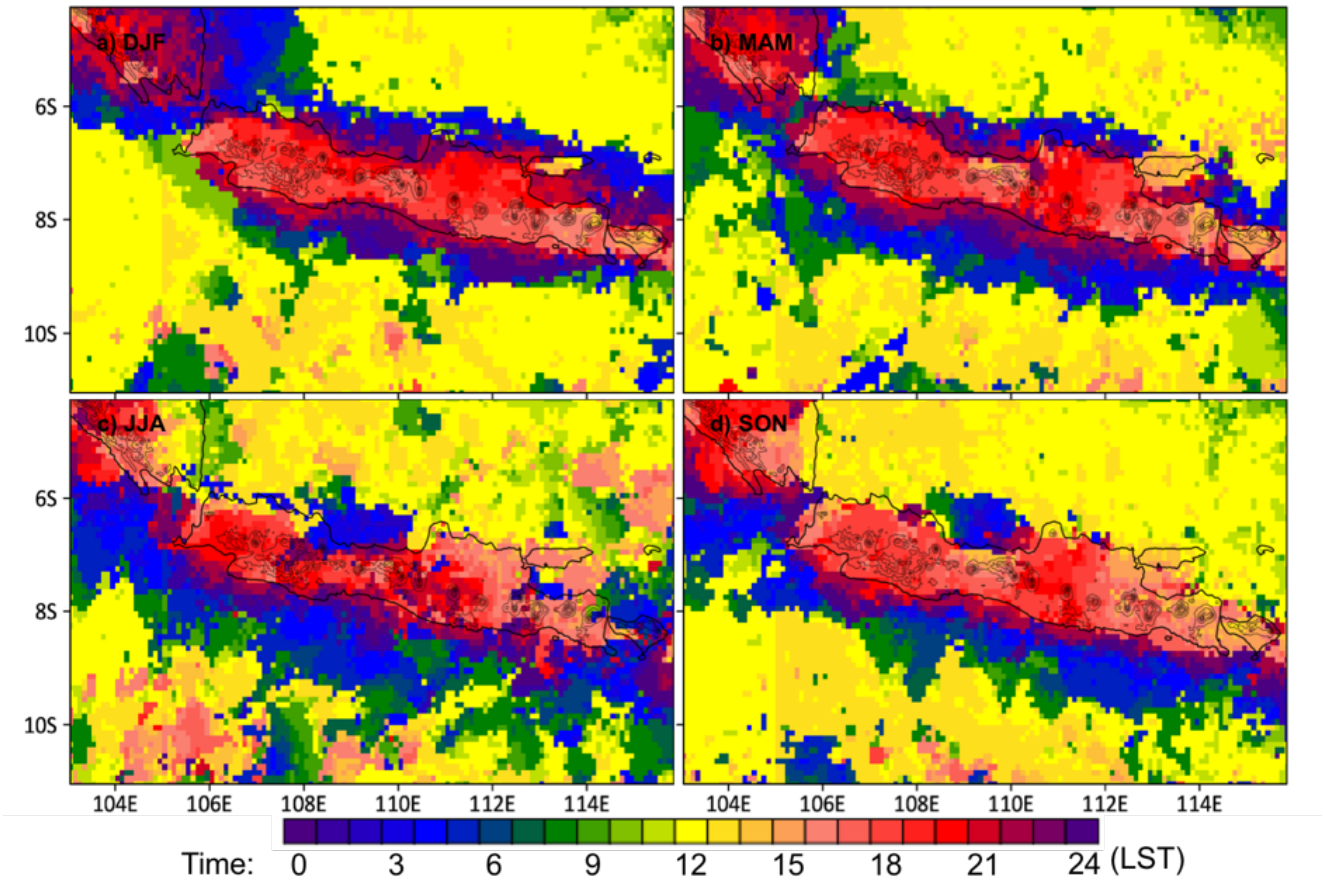
In this study, **we investigate seasonal and regional variation of DCR (the phase and the amplitude)** through satellite observations. High resolution (spatial and temporal) rainfall estimate is needed to capture feature of DCR over the study area which is difficult to obtain from ground observation. We **mainly employ the high-resolution dataset of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) reanalysis (GSMaP_RNL) and near real time (GSMaP_NRT).** The analysis of DCR seasonal variability is based on investigation throughout boreal winter (December-January-February), boreal spring (March-April-May), boreal summer (June-July-August), and boreal autumn (September-October-November) from 2008-2018 (GSMaP_NRT) and 2009-2014 (GSMaP_RNL).

The results show that hourly data of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT with 0.1˚ spatial resolution are able to depict the detailed features of the seasonality and regional variability of DCRover Java Island and surrounding areas. **The comparison between GSMaP_RNL and GSMaP_NRT shows that GSMaP_NRT represents significant time lag of DCR phase over off shore region. GSMaP_NRT shows that the offshore region of the Java Sea is dominated by noon-afternoon rainfall while GSMaP_RNL shows morning rainfall.** However, both of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT show similar pattern on phase and amplitude of DCR. Phase of DCR indicates the time when maximum rainfall occurs, while amplitudes indicates the magnitude of DCR. In general, both of GSMaP_RNL and GSMaP_NRT composites, show that the land region with wider landmass area (West Java and western part of East Java) is dominated by evening phase while narrow landmass area (Central Java and eastern part of Java Island) is dominated by late afternoon phase. A large magnitude of the DCR is concentrated inland. The Java Sea has a higher amplitude of DCR compared to the Indian Ocean and the coastal region. The amplitude over the coastal region of the Indian Ocean is higher than over the Indian Ocean and the coastal area of the Java Sea.

Both of rainfall estimates capture inhomogeneous seasonal shifting phase of DCR over this region. The remarkable seasonal shifting phase occurs along the coastal area of the Java Sea. Though, phase shifting over inland of a wide landmass area and the coastal region of the Indian Ocean is not significant. Inhomogeneous seasonal shifting phase of DCR indicated interactions between local circulations, which affected by the topography (e.g. terrain and shape of the coastline), and large circulations (background wind, synoptic conditions, etc.). The analysis of wind profile from reanalysis data confirms the seasonal change of interactions between large and small circulations that caused seasonal shifting phase of DCR.

Keywords: Diurnal cycle of rainfall (DCR), Seasonal variability, Regional variability, Shifting Phase, GSMaP

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on atmospheric circulation characteristics of precipitation anomalies in arid region of Central Asia

*Lianmei Yang[1], Xuefeng Guan[1]

1. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration,

As climate transition zone between Mediterranean climate region and East Asian monsoon region, arid region of Central Asia (including five Central Asian countries and Xinjiang province of China) which is influenced by high, middle and low latitude circulations has different synoptic-climatic characteristics from that of Europe and East Asia while its climate characteristics also varies greatly within the region. Central Asia has unique and complicated topography and ecosystem patterns like deserts, oasis, glaciers and basins, forming a highly representative meteorological disaster-breeding environment under the influence of multiple-background, multiple-factor and multiple-scale. This area has abundant solar-heat energy, large evaporation and dramatic temperature changes. Besides, its precipitation is scarce and has extremely uneven distribution with high value in the western and middle parts of Tianshan Mountains. Over the last one hundred years, Central Asia has experienced a warm and wet trend. Central Asia low value system together with the high, middle and low latitude circulation systems linked by West Asia westerly jet stream have contributed to the interdecadal and interannual variations of precipitation in Xinjiang. However, due to the insufficient construction of integrated meteorological observation network, the studies concerning regional featured circulation system, regularity and mechanism of disastrous weathers, high resolution regional numerical model, impacts of land-atmosphere interaction on regional weather and climate change prediction are still inadequate. Correspondingly, to carry out those studies has essential scientific significance and strategic value for the sustainable social and economic development in Silk Road Economic Belt.

Keywords: Arid region of Central Asia, synoptic-climatic characteristics, precipitation anomaly, atmospheric circulation, water vapor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mechanisms for northward propagation of boreal summer intraseasonal oscillation

*中江 寛大[1]、佐藤 正樹[1]、高須賀 大輔[1]
*Kanta Nakae[1], Masaki Satoh[1], Daisuke Takasuka[1]

1. 東京大学 大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The 20-90-day Intraseasonal Oscillation (ISO) is one of the dominant modes of tropical variability. In boreal summer northward propagation (NP), which occurs on ISO time scales, originates near the equator and extends to India and western North Pacific Ocean. Understanding the NP of the boreal summer ISO (BSISO) is of vital importance to extended-range weather prediction. Hence, several mechanisms of the NP have been examined. However, they are still incompletely understood. The purpose of this study is to investigate the importance of vertical shear and sea surface temperature (SST) for the NP of the BSISO. In order to obtain a basic structure of the BSISO, we have conducted JJA-perpetual experiments using the Non-hydrostatic Icosahedral Atmospheric Model (NICAM) with a 56-km horizontal mesh.
Although the perpetual experiment has strong Indian monsoon over Arabian sea due to the bias of surface temperature on land, it is found that the NP of the BSISO from Indian Ocean (IO) has two abovementioned mechanisms. One warm SST anomaly north of convection destabilize the lower troposphere, while another tilted vertical shear can generate positive barotropic vorticity to the north of convection. In order to assess the effect of the former mechanism, we made an experiment using fix SST (SSTFIX) obtained from CTL experiment. SSTFIX experiment reproduces the NP of the BSISO from IO, although the amplitude became lower. Therefore, it suggests that the NP of the BSISO from IO doesn’t need warm SST anomaly. To Improve the bias related to basic state like vertical shear, we conducted an experiment using nudging method for surface temperature on land (LNDADJ). In LNDADJ experiment the NP of the BSISO from IO isn’t reproduced due to reduction of column water vapor over Bay of Bengal. Thus, tilted vertical shear can just begin the NP. On the other hand, it is suggested that the NP needs SST and column water vapor to maintain its strength.

キーワード：北半球夏季季節内振動、アジアモンスーン、北進
Keywords: Boreal summer intraseasonal oscillation, Asian monsoon, Northward propagation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ひまわり8号観測と高解像度シミュレーションにおける熱帯の雲辺縁のフラクタル的性質について

Fractality in the perimeter of tropical clouds observed by Himawari-8 or simulated by a high-resolution model

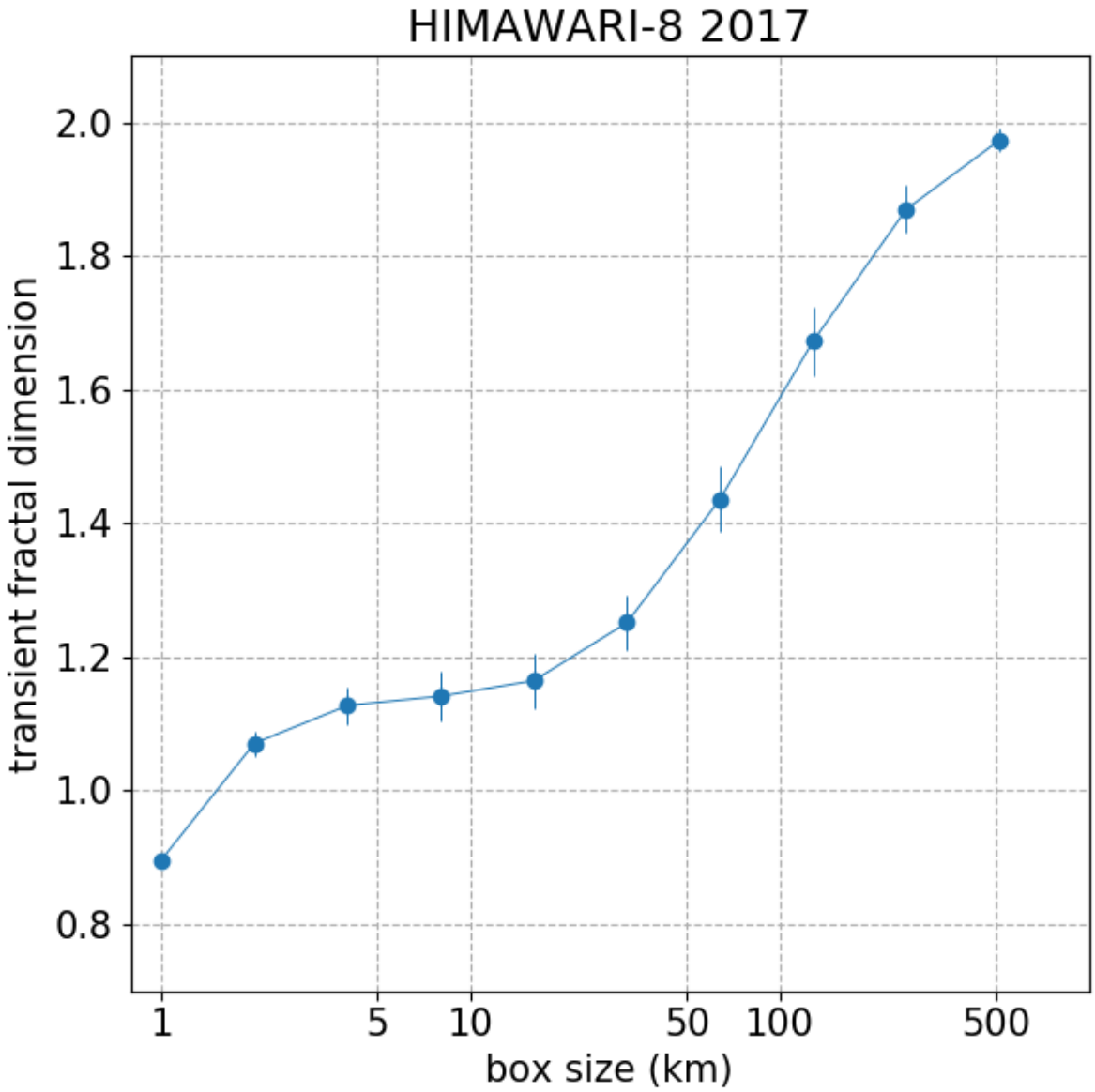
*神野 拓哉[1]
*Takuya Jinno[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Cloud clusters show a wide variety of shape and size, and their spatial pattern is often taken up as a typical example of fractal. However, the methods of studying fractal are in an early stage of development. In this study, we conducted fractal analysis on the perimeter of tropical clouds using satellite observation and cloud-resolving simulation of sub-kilometer resolution. We evaluated fractal dimension as a function of spatial scale (transient fractal dimension) and quantified the characteristic spatial scale of the pattern from the scale where self-similarity breaks down. From the observational data from HIMAWARI-8, It is shown that the self-similarity of the cloud perimeter persists only in the spatial scale range from 2 km up to 30 km. The limit of the self-similarity is suggested to be the characteristic scale of the pattern formation of tropical clouds. The cloud-resolving simulation data with NICAM also shows finite-size self-similarity. However, the profile of the transient fractal dimension changed with integration time far more rapidly than HIMAWARI-8 observation, and it lost its self-similarity at the end of the 48-hour simulation. This process is suggested to reflect the increase of stratiform cloud in the upper-troposphere as an adjustment to the transition of spatial resolution.

キーワード：フラクタル、ひまわり8号、雲解像モデル
Keywords: fractal, HIMAWARI-8, cloud-resolving model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Large-scale deformation of tropical cloud band in the ITCZ detected in NICAM simulations

*西 憲敬[1]、濱田 篤[4]、山田 洋平[2]、那須野 智江[2]、佐藤 令於奈[5]、佐藤 正樹[3]
*Noriyuki Nishi[1], Atsushi Hamada[4], Yohei Yamada[2], Tomoe Nasuno[2], Reona Satoh[5], Masaki Satoh[3]

1. 福岡大学理学部、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 富山大学理工学研究部、5. 福岡大学大学院理学研究科
1. Faculty of Science, Fukuoka Universtiy, 2. JAMSTEC, 3. AORI, University of Tokyo, 4. Graduate School of Science and Engineering for Education, University of Toyama, 5. Graduate School of Science, Fukuoka University

Over the central/eastern tropical Pacific, the Inter Tropical Convergence Zone (ITCZ) is detected in the northern side of the equator. In the ITCZ, we can sometimes observe drastic deformation of the cloud bands elongated zonally with several thousand-kilometer scale. The initial stage of the band, which is composed of deep convective systems, expands meridionally and separates into two or three parallel cirrus bands that keep alive one or two days (Hamada et al., 2013, JMSJ). These separation events cannot be well described in the objective analysis datasets, probably due to lack of the observations over the open ocean; investigation of their mechanism with the analysis data is difficult. In order to study their mechanism, we attempted to use the numerical simulation results of global cloud system resolving model NICAM (Satoh et al. 2014, Progress in Earth and Planetary Science) to find similar events in them. If we can find separation events in the results, we can examine the mechanism with many physical parameters including wind, various kinds of hydrometeors. We have already analyzed several numerical experiment results for different periods, resolution and physical schemes.

We found a similar separation event in an output of the simulation for one year from June 2004 and horizontal resolution 3.5 km. We examined the life cycle of the cirrus bands after separation. One interesting point is on the height of the cirrus clouds in the separated bands. The simulated cirrus clouds in the bands lie in the 13-14 km height level, while the height of the maximum meridional wind that contributes to the meridional movement of the cirrus bands is about 12 km. This difference of the heights means that the cirrus clouds were not just advected by meridional wind but were possibly developed in the course of the separation.

The trigger of zonally simultaneous separation of a long band is another our interest. Inertial instability may be a candidate since vertical exchange of zonal momentum by deep convection would occur in an original band and result in the large meridional shear of the zonal wind in the upper troposphere. We tried to confirm necessary condition for inertial instability by calculating geostrophic vorticity, following the general procedure. However, the position of the bands is too close to the equator (3-7N) to establish geostrophic relationship, and the spatial pattern of the geostrophic vorticity is too noisy to analyze. Therefore, we instead calculate simple absolute vorticity. We found that the absolute vorticity around the separated bands was almost negative. It suggests the possibility of the inertial (or similar kind of) instability.

We are now analyzing another numerical experiment including four kinds of runs using a cloud scheme with different cloud parameter settings. In the real atmosphere, a separation event occurred on 16-17 June 2008 at the just east of the date line. The event can be simulated in all of four runs at 36 hours from the initial time. It suggests that the basic mechanism of the separation is not sensitive to the detail of

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

cloud systems. By analyzing the dynamical fields of these outputs, we are trying to find the key mechanisms to trigger the meridional separation of the cloud bands.

キーワード：熱帯、ITCZ、巻雲
Keywords: tropics, ITCZ, cirrus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of single-moment bulk microphysics for super-cooled water clouds over the Southern Ocean in NICAM using Joint simulator and double-moment microphysics

*Woosub Roh[1], Tatsuya Seiki[2], Masaki Satoh[1], Tempei Hashino[3]

1. AORI, the university of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. Kochi university of technology

It is important to evaluate and improve the cloud properties in global non-hydrostatic models like a Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM, Satoh et al. 2014) using observation data. One of the methods is a radiance-based evaluation using satellite data and a satellite simulator (here Joint simulator, Hashino et al. 2013), which avoids making different settings of the microphysics between retrieval algorithms and NICAM.

One of the challenging issues is an evaluation of mixed-phase clouds, which consist of water vapor, ice particles, and supercooled water droplets. It is known one of the main reasons why climate models reveal large errors about the reflection of solar radiation over the Southern Ocean and Arctic.

This study is an evaluation and improvement of mixed-phase clouds over the Southern Ocean in NICAM using a Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation (CALIPSO) and a satellite simulator. We evaluated thermodynamics phase of mixed phases clouds over the Southern Ocean in a regional version of NICAM between 45˚S to 65˚S and 170˚E to 170˚W following Yoshida et al. (2010) method. We found underestimation of supercooled water clouds in our single moment scheme. We improved the single moment microphysics scheme using a double moment microphysics and a single column model. We also investigate the impact of microphysics scheme on moisture distributions and the size of cloud systems.

Keywords: microphysics, CALIPSO, Satellite simulator

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-cloud property responses to SST change: sensitivity study using a global nonhydrostatic model

*大野 知紀[1]、佐藤 正樹[2]
*Tomoki Ohno[1], Masaki Satoh[2]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Since it has been recognized that the uncertainty of cloud feedback is one of main contributors to the intermodel spread of climate sensitivity, the reduction of the uncertainties associated with cloud response to global warming has been one of central issues for robust projections and predictions of climate variability and change. High clouds have large impacts on the Earth’s radiative energy budget, and the uncertainty of their response to climate change is known as one of large sources of the climate sensitivity spread although several possible hypotheses to predict the response have been proposed. As the radiation-cloud interaction plays a crucial role in the determination of life time of high clouds, the improvement of the understanding of cloud property responses to global warming helps the reduction of climate-sensitivity variability associated with the high-clouds feedback.

In order to investigate the cloud-property response to climate change, we conducted simulations with RCE configurations using a high-resolution nonhydrostatic global circulation model (the Nonhydrostatic Icosahedral Atmospheric Model; NICAM) with the earth-like sphere for simplifying the problem. Sea surface temperatures (SSTs) are fixed at 300K and 304K and a double-moment bulk scheme are used without cumulus parameterization scheme.

We found that high cloud amount increases with SST increase, as consistent with the previous NICAM studies. It was also determined that the change in particularly optically thin clouds whose optical thicknesses were <3 was dominant, and such thin clouds tended to have large particle sizes. These suggests that the slow evaporative property of ice phase clouds and their representability can play one of key roles in the uncertainty of the high-cloud amount change in global warming.

キーワード：cloud property responses、cloud feedback、climate change
Keywords: cloud property responses, cloud feedback, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effects of different cloud overlapping parameters on simulated total cloud fraction over the globe and East Asian region

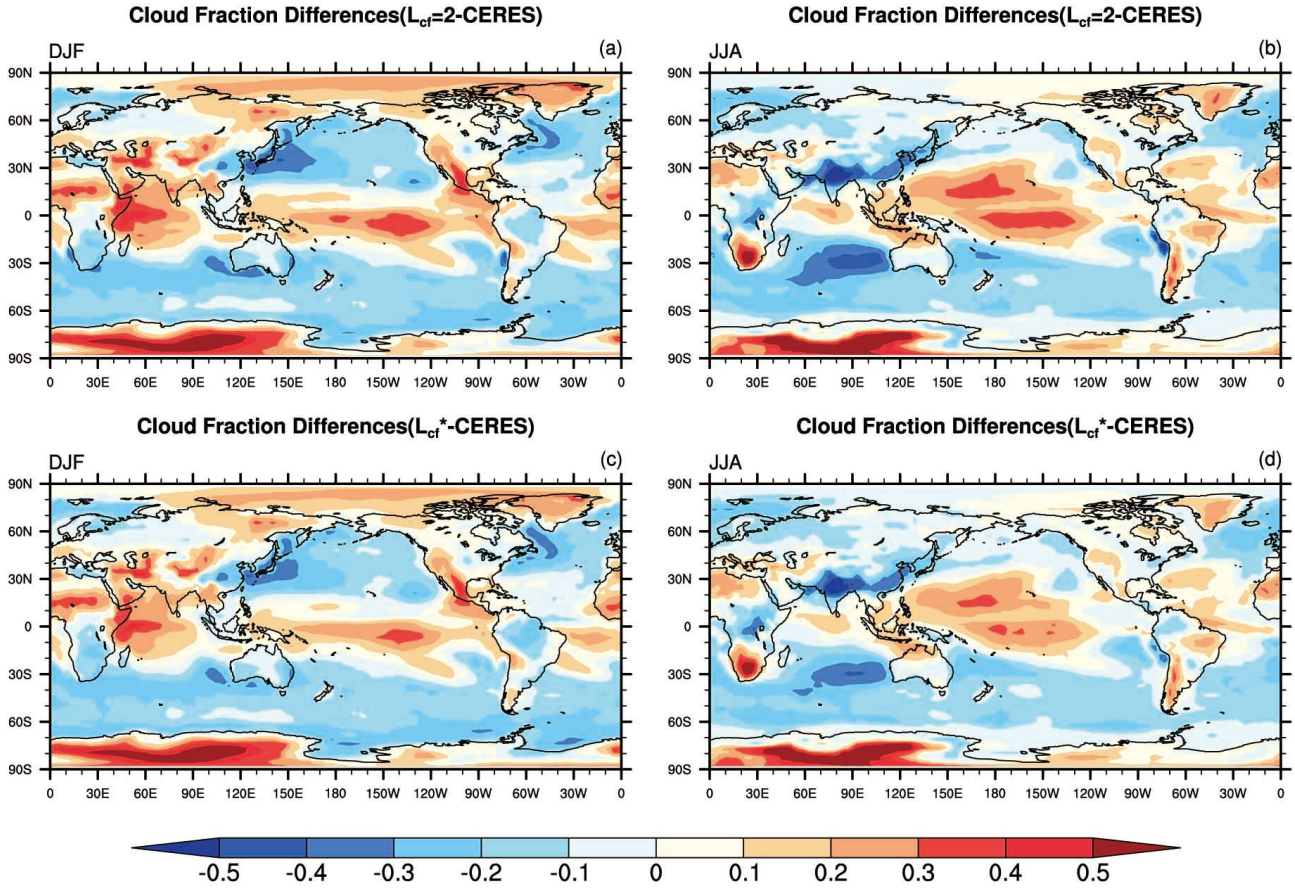
*bo hai Wang[1], hua Zhang[2]

1. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 2. State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences

The cloud overlapping parameter (vertical decorrelation length, L_{cf}) from CloudSat/CALIPSO is implemented in Beijing Climate Center’ s GCM (BCC_AGCM2.0) to reduce the uncertainly in radiation field. Comparing the climate simulation results obtained by using the constant L_{cf} of 2 km with those using the above retrieved L_{cf}, it is found that the total cloud fraction simulation has been obviously improved by using the satellite-based L_{cf}. The error of global mean total cloud fraction between simulations and CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) satellite data is decreased by 1.6% in both the winter and summer, of which the positive deviation of total cloud amount at tropical convection area and the negative deviation in subtropical region both are significantly reduced. These improvements are helpful for better simulation of energy budget differences between different regions. In East Asia, using the satellite-based L_{cf} can decrease the error of average total cloud fraction (compared to the CERES) by 1.8% (1.4%) in the winter (summer).Overall, using L_{cf} from CloudSat/CALIPSO satellite data can improve the simulation of total cloud fraction and thus obtain more accurate simulation of radiation field.

Keywords: Cloud overlapping parameter, Vertical decorrelation length, Total cloud fraction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 104 1F

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)、座長:三浦 裕亮

水蒸気は放射冷却と凝結による潜熱放出により対流圏の大気大循環を駆動するが、その流れの中には等方的な乱流、層積雲や積乱雲、スコールラインや熱帯低気圧、さらにはマッデン・ジュリアン振動のような大規模現象まで、複雑で豊かな階層構造が形成されている。水蒸気は大きな空間スケールで長い時間をかけて蓄積され、流れに乗って輸送されるが、その凝結は短時間に小さい空間スケールで起こる。また、水蒸気や雲は地球の放射収支にも影響を与えるため、長期の気候変化を調節しているかもしれない。本セッションでは、水蒸気と組織化した雲群の相互作用を記述する湿潤大気科学の確立を将来目標に据え、理論・観測・モデルを問わず幅広い時空間スケールを対象とした研究を募集する。海大陸研究強化年(YMC)の現地観測や放射対流平衡実験のモデル間比較(RCEMIP)などの最新の知見を共有し、研究者間のコミュニケーションを円滑にすることで、長年の困難に対する突破口を開きたい。

13:45 ~ 14:00

[AAS03-01] Boundary-Layer Control on Convective Self-Aggregation

★Invited Papers

*Da YANG[1,2] (1.University of California, Davis、2.Lawrence Berkeley National Laboratory)

14:00 ~ 14:15

[AAS03-02] 高解像度放射対流平衡実験における積雲アンサンブルの統計的性質

*柳瀬 友朗[1,2]、竹見 哲也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

14:15 ~ 14:30

[AAS03-03] The role of interactive SST in the cloud-resolving simulations of aggregated convection

★Invited Papers

*Chien-Ming Wu[1]、Yan-Ting Chen[1] (1.National Taiwan University)

14:30 ~ 14:45

[AAS03-04] Role of coastal convection to moisture buildup during the South China Sea summer monsoon onset

*Wei-Ting Chen[1]、Wei-Ming Tsai[1,2]、Chien-Ming Wu[1]、Peng-Jen Chen[1] (1.National Taiwan University、2.University of Miami)

14:45 ~ 15:00

[AAS03-05] Resolution dependencies of tropical convection in a global cloud/cloud-system resolving model

★Invited Papers

*宮川 知己[1]、三浦 裕亮[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.東京大学大学院理学系研究科)

15:00 ~ 15:15

[AAS03-06] 海洋大陸西部における対流活動が大規模場に及ぼす影響：YMCスマトラ集中観測期間の数値シミュレーション

*那須野 智江[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

Boundary-Layer Control on Convective Self-Aggregation

*Da YANG[1,2]

1. University of California, Davis, 2. Lawrence Berkeley National Laboratory

The atmosphere can self-organize into overturning circulations over an ocean surface with uniform temperature in cloud-resolving models. The upwelling branch is associated with humid air and deep convection; the downwelling branch is associated with dry air and clear sky. This phenomenon is referred to as convective self-aggregation, and understanding this phenomenon can advance our understanding of the Madden-Julian Oscillation (MJO). In this talk, I will introduce a boundary-layer centric framework for self-aggregation. This framework helps explain what leads to self-aggregation, and what sets the spatial scale of self-aggregation.

Reference:
1. Yang, D., 2018: JAS, https://doi.org/10.1175/JAS-D-17-0150.1
2. Yang, D., 2018: JAMES, https://doi.org/10.1029/2017MS001261

Keywords: Convection, Boundary layer, Self-aggregation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高解像度放射対流平衡実験における積雲アンサンブルの統計的性質
Statistical Properties of Cumulus Ensembles in High-Resolution Radiative-Convective Equilibrium Simulations

*柳瀬 友朗[1,2]、竹見 哲也[2]
*Tomoro Yanase[1,2], Tetsuya Takemi[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本研究では放射対流平衡の場における積雲アンサンブルの統計的性質について調べた。数値実験には非静力学モデルWeather Research and Forecasting (WRF) model ver. 3.8.1を用いた。大気とインタラクティブに短波・長波放射フラックスを計算するRRTMGスキームを用い、水平格子間隔を1600 mから200 mの範囲で変化させて解像度依存性を調べた。水平格子間隔200 mの実験では、積雲対流の日変化や鉛直3モード構造といった特徴が明瞭に表現される一方で、解像度が低くなる(格子間隔が大きくなる)ほど、強い上昇流や降水を伴う間欠的な深い対流が支配的となった。対流圏中・上層の大気は、解像度が低くなるにつれて安定化・乾燥化する傾向にある。さらに、3 次元的な雲検出手法を用いることで、雲の構造について調べた。解像度によって微細規模現象の水平スケールが制約され、雲内特性の鉛直構造や積雲アンサンブルの鉛直発達にも影響が及ぶことが示唆された。さらに、対流間距離や対流雲サイズ分布といった積雲アンサンブルの統計的性質が水蒸気場の水平不均一性とも関係することが示唆される。

キーワード：積雲対流、放射対流平衡、WRF
Keywords: Cumulus Convection, Radiative-Convective Equilibrium, WRF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The role of interactive SST in the cloud-resolving simulations of aggregated convection

*Chien-Ming Wu[1], Yan-Ting Chen[1]

1. National Taiwan University

This study investigates the role of interactive SST in the early development of aggregated convection using a vector vorticity equation cloud-resolving model (VVM) coupled to a slab ocean. The simulations are initialized by a mock Walker circulation driven by initial SST gradient in the elongated x-axis, with an average of 300K and sinusoidal variation of amplitude ranging from 1.5K to 3K. According to large-scale perturbation strength, which is caused by SST variation, the results can be divided into two groups. Under weak perturbation, convection-SST feedback efficiently eliminates SST gradient and moisture anomaly. The large-scale environment is homogenized within two days. Even though SST in the group with stronger perturbation undergoes a similar process, significant moist static energy (MSE) advection in the boundary produces enough moisture difference to introduce virtual temperature effect and aggregation is triggered. Once dry zone starts to expand, radiative and convective effects regenerate SST gradient, which intensifies circulation and accelerates the process. We further show that the evolution of aggregation or not is captured by the trend of MSE-EIS variance. The results highlight the boundary layer processes on the formation of aggregated convection in the tropics.

Keywords: boundary layer processes, large-scale moisture, aggregated convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Role of coastal convection to moisture buildup during the South China Sea summer monsoon onset

*Wei-Ting Chen[1], Wei-Ming Tsai[1,2], Chien-Ming Wu[1], Peng-Jen Chen[1]

1. National Taiwan University, 2. University of Miami

In this study, the climatological characteristics of object-based precipitation systems (OPS) and moisture development are analyzed over the South China Sea (SCS) during the sharp transition of summer monsoon onset. The satellite observed OPS statistics showed that during the pre-onset period, small (<100 km) to medium size (100-300 km) OPS are active over surrounding land, while convection over the ocean is mostly suppressed. During post-onset, large OPS develop over the coastal ocean and contribute to over 60% of the total precipitation. The results suggest that when the convection is strong over the surrounding islands, a local circulation with anomalous subsidence over the ocean can develop and suppress convection. The number of observed large OPS significantly increases along with the sharp moisture buildup during the SCS onset period. The moisture budgets suggested that local contribution from convection vertical mixing is the major moisture source during monsoon onset pentad, while large-scale moisture advection tends to be weak. The relationship between moisture buildup and convection organization is then examined using a set of idealized cloud-resolving model (CRM) experiments, with a land-ocean configuration approximating the SCS basin. The CRM appropriated represents the observed development of coastal convection. With a non-shear environment, the strong basin-scale circulation is formed, which suppresses the ocean moisture development. When large-scale vertical wind shear is imposed to represent the changes of large-scale circulation during the onset pentad, organized convection systems are increased over the coastal ocean and propagate toward the open ocean, accompanied by fast ocean moistening. We identified through the CRM simulations that the moistening time-scale by the transition of coastal convection organization is within 5-10 days.

Keywords: Convective Organization, Coastal convection, Moisture, TRMM, CloudSat, Cloud-Resolving Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Resolution dependencies of tropical convection in a global cloud/cloud-system resolving model

*宮川 知己[1]、三浦 裕亮[2]
*Tomoki Miyakawa[1], Hiroaki Miura[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, The University of Tokyo

The properties of tropical convection are evaluated using one-month long simulation datasets produced by the non-hydrostatic icosahedral atmospheric model (NICAM) using 3.5-, 7-, and 14-km horizontal meshes with identical cloud-microphysics configurations. The simulations are targeted on the 2nd Madden-Julian oscillation (MJO) event observed in the CINDY2011/DYNAMO field campaign. An increase of high cloud fraction at 200 hPa level and a reduction of surface precipitation occur as the horizontal resolution increases, corresponding to the reduction of precipitation efficiency due to the shorter residence time inside stronger updrafts that occur at the higher resolution. The increase of high cloud fraction is followed by the warming of the troposphere, which results in an increase in the column water vapor and an elevation of the freezing level. The total water condensation is decreased at higher resolutions, which is likely due to a balance with the decreased outgoing longwave radiation (OLR). The reproduced MJOs, which accounted for a large portion of the tropical convections, were similar in the 3.5-km and 14-km simulations in terms of eastward propagation speeds and structures, including the characteristic westward tilt of the moisture anomaly with height. However, the amplitude of the anomalous MJO circulation was considerably smaller in the 3.5-km simulation. The robust resolution dependence and the interpretations presented in this study underline the necessity for a resolution-aware cloud-microphysics optimization method that will have value in the coming era of global cloud-resolving simulations.

キーワード：解像度依存性、全球雲解像モデル、熱帯対流
Keywords: resolution dependency , global cloud-resolving model, tropical convection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋大陸西部における対流活動が大規模場に及ぼす影響：YMCスマトラ集中観測期間の数値シミュレーション

Effects of the local convection over the western Maritime Continent on the large-scale: numerical study during the YMC Sumatra campaigns

*那須野 智江[1]
*Tomoe Nasuno[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The effects of the high-frequency variability on the large-scale, including the intraseasonal oscillation (ISO), over the western Maritime Continent (MC), was quantified using the global nonhydrostatic simulation datasets that marginally resolve mesoscale convective systems. Moisture transport during the Years of the Maritime Continent (YMC) winter field campaigns in 2015 and in 2017 were analyzed, focusing on the land-ocean contrast and their relationship with the ISO events.

The period-mean profiles indicate moistening by low-frequency upward motion in the deep troposphere and drying (moistening) in the lower (middle and upper) troposphere by high-frequency variability. The advection over ocean was greater in 2017 than in 2015, with the opposite occurring over land with smaller interannual differences. These can be related to the longer preconditioning period (rapid transition from the preconditioning to the active, and decaying phases) for the 2015 (2017) case, as well as the relatively suppressed (enhanced) upward motion over ocean under the strong El Niño (moderate La Niña) conditions during 2015 (2017).

The dependence of the land-ocean contrast on the ISO life cycle was more significant in 2015 than in 2017. In the 2015 simulation, moistening over land preceded the major convective period of the ISO, whereas that over ocean preceded the ISO convection not longer than 1 week, consistent with the arguments by previous studies based on precipitation observations. In this case, a nearly in-phase relationship between the moisture advection by high-frequency variability and by low-frequency variability was found over land. In the 2017 case, the land-ocean contrast was weak in low-frequency advection. The relationship between moisture advection by high-frequency variability and by low-frequency variability was indistinct over land, whereas clear relationship was seen over ocean: the high-frequency variability induced lower to middle tropospheric moistening (enhanced upward transport of moisture) during the preconditioning (active) phases of the ISO convection, in common with the 2015 case. These results highlight clear land-ocean contrasts in sensitivity of local convection to background states and its link with the ISO life cycle.

キーワード：Years of the Maritime Conrtinent (YMC)、スケール間相互作用、季節内振動、水蒸気輸送、全球雲システム解像数値モデル
Keywords: Years of the Maritime Conrtinent (YMC), scale interaction, intraseasonal oscillation (ISO), moisture advection, global cloud-system-resolving simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-AS 大気科学・気象学・大気環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 104 1F

[A-AS03] 大規模な水蒸気場と組織化した雲システム

コンビーナ:三浦 裕亮(国立大学法人 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、濱田 篤(富山大学)、横井 覚(海洋研究開発機構)、佐藤 正樹(東京大学大気海洋研究所)、座長:横井 覚

水蒸気は放射冷却と凝結による潜熱放出により対流圏の大気大循環を駆動するが、その流れの中には等方的な乱流、層積雲や積乱雲、スコールラインや熱帯低気圧、さらにはマッデン・ジュリアン振動のような大規模現象まで、複雑で豊かな階層構造が形成されている。水蒸気は大きな空間スケールで長い時間をかけて蓄積され、流れに乗って輸送されるが、その凝結は短時間に小さい空間スケールで起こる。また、水蒸気や雲は地球の放射収支にも影響を与えるため、長期の気候変化を調節しているかもしれない。本セッションでは、水蒸気と組織化した雲群の相互作用を記述する湿潤大気科学の確立を将来目標に据え、理論・観測・モデルを問わず幅広い時空間スケールを対象とした研究を募集する。海大陸研究強化年(YMC)の現地観測や放射対流平衡実験のモデル間比較(RCEMIP)などの最新の知見を共有し、研究者間のコミュニケーションを円滑にすることで、長年の困難に対する突破口を開きたい。

15:30 ~ 15:45

[AAS03-07] A Mechanism for the Maintenance of Sharp Tropical Margins

★Invited Papers

*増永 浩彦[1]、Brian Mapes[2] (1.名古屋大学、2.マイアミ大学)

15:45 ~ 16:00

[AAS03-08] Observational Evidence of Mixed Rossby-Gravity Waves as a Driving Force for the MJO Convective Initiation and Propagation

*高須賀 大輔[1,2]、佐藤 正樹[1]、横井 覚[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

16:00 ~ 16:15

[AAS03-09] A characteristic of the MJO as a part of enhanced large-scale zonal circulation

*末松 環[1]、三浦 裕亮[2] (1.Atmosphere and Ocean Reaserch Institute, The University of Tokyo、2.School of Science, The University of Tokyo)

16:15 ~ 16:30

[AAS03-10] **The role of the moisture on the occurrences and distribution of the Amazonian mesoscale convective systems**

*Amanda Rehbein[1,2]、Masaki Satoh[2]、Tercio Ambrizzi[1] (1.Univ. of Sao Paulo、2.Univ. of Tokyo)

16:30 ~ 16:45

[AAS03-11] Interdecadal Change of the Impact of Eurasian Snow on Spring Precipitation Over Southern China

*Dingrui Cao[1] (1.Zhejiang University)

16:45 ~ 17:00

[AAS03-12] 日本の暖候期の豪雨に影響するAtmospheric Riverとその循環場の解析

末藤 菜保[1]、*谷田貝 亜紀代[1]、高藪 縁[2] (1.弘前大学大学院理工学研究科、2.東京大学大気海洋研究所)

A Mechanism for the Maintenance of Sharp Tropical Margins

*増永 浩彦[1]、Brian Mapes[2]
*Hirohiko Masunaga[1], Brian Earle Mapes[2]

1. 名古屋大学、2. マイアミ大学
1. Nagoya University, 2. University of Miami

The deep tropics characterized by moist air and deep convection are separated from the dry, quiescent subtropics often by a sharp horizontal gradient of moisture only loosely tied to SST or other geographical constraints. Mapes et al. (GRL, 2018) showed that this margin of the moist tropics is a true PDF minimum (a regime separatrix), along a column water vapor (CWV) contour around 48 mm in instantaneous data. Quasi-meridional statistical composites of observations across the poleward-most excursion of this sinuous contour retain the sharpness of the margin while increasing signal to noise ratio. Observations primarily from a suite of the A-Train satellites show the meridional structure of thermodynamic state and budget terms across the margin of the moist tropics. Composites are computed around the PDF-minimum CWV value of 48 mm as well as a range of other thresholds from 35 mm to 60 mm for comparison. Major findings are summarized as follows. (1) CWV increases equatorward from the subtropics for all CWV thresholds but eventually converges to 48 mm deep into the tropical side. Precipitation abruptly intensifies on the tropical side of the margin but declines equatorward to 85 W/m2 regardless of the CWV thresholds. (2) The diabatic forcing to the atmosphere (radiative heating plus surface heat fluxes) changes its sign across the CWV=48 mm border, being positive on the tropical side and negative on the subtropics. This contrast is owing to the meridional gradient of radiative heating, principally the longwave effect of high clouds. (3) Vertical mode decomposition reveals a transition from bottom-heavy to top-heavy subsidence on the subtropical side of the margin. These observed features are interpreted in terms of a simple theory from the moisture and heat budget perspectives. The model explains the abrupt moistening at the margin as a singularity where the vertical displacement of air costs little energy within a column.

キーワード：熱帯力学、衛星データ解析、概念理論モデル
Keywords: Tropical dynamics, Satellite data analysis, Conceptual theory

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observational Evidence of Mixed Rossby-Gravity Waves as a Driving Force for the MJO Convective Initiation and Propagation

*高須賀 大輔[1,2]、佐藤 正樹[1]、横井 覚[2]
*Daisuke Takasuka[1,2], Masaki Satoh[1], Satoru Yokoi[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The Madden-Julian Oscillation (MJO) is known to be the most dominant intraseasonal variability in the tropics, which features large-scale convective envelopes emergening and propagating eastward slowly (~5 m s^{-1}) over the warm pool region. Since its discovery, there have been dedicated efforts to clarify mechanisms about MJO initiation and propagation in terms of large-scale low-frequency dynamics and thermodynamics and a multi-scale interaction with synoptic disturbances. As for the latter standpoint, although some recent observational and idealized numerical studies suggested that mixed Rossby-gravity waves (MRGs) can play a significant role in MJO mechanics, more detailed evidence is necessary because the realistic relationship between MJO and MRGs has had little recognition.

In this study, we examine the contributions of MRGs to the MJO convective initation and propagation in the Indian Ocean during the YMC-Sumatra 2017 field campaign (YMC: Years of the Maritime Continent). The intensive observation captured mid-tropospheric wind variations associated with MRGs, and those signals propagated westward over the Indian Ocean in the MJO suppressed phase. The transition to the MJO active phase follows tight MRG-convection coupling, which is enhanced when the wavelength becomes shorter due to weak mid-level convergence in the western Indian Ocean. Basin-scale anomalous mid-tropospheric moistening caused by MRG shallow circulations is also recognized. These processes lead to the lower-tropospheric MRG wave packet formation and successive triggering of MJO convection, with the eastward MRG group velocity corresponding to MJO propagation. This study suggests that it is worth reconsidering the MJO with a focus on MRG activities at least in the Indian Ocean.

キーワード：マッデン・ジュリアン振動、赤道波、スケール間相互作用、海大陸強化年
Keywords: Madden-Julian Oscillation, equatorial waves, multi-scale interaction, the Years of the Maritime Continent

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A characteristic of the MJO as a part of enhanced large-scale zonal circulation

A characteristic of the MJO as a part of enhanced large-scale zonal circulation

*末松 環[1]、三浦 裕亮[2]
*Tamaki Suematsu[1], Hiroaki Miura[2]

1. Atmosphere and Ocean Reaserch Institute, The University of Tokyo、2. School of Science, The University of Tokyo
1. Atmosphere and Ocean Reaserch Institute, The University of Tokyo, 2. School of Science, The University of Tokyo

The Madden-Julian Oscillation (MJO) is known as the dominant mode of intraseasonal variability in the tropics, characterized a region of enhanced convective activities that propagate from the Indian Ocean (IO) to the Western Pacific(WP). However, our understanding of its fundamental role in the atmosphere, and explanation for why it exists is still limited. Taking this into consideration, this study examined how the MJO propagation speed and the intensity of their events were modulated by the background environment and sought for an intrinsic relationship of the MJO with the background atmospheric states.

To build on our recent finding of MJO enhancement with background zonal sea surface temperature (SST) gradient, we examined how MJO propagation speed was influenced by the background SST. We constructed a tracking method of MJO convection and calculated the propagation speed of each event. We investigated how the characteristics of the MJO and the background SST states that they occur in varied depending on their propagation speed. The analysis revealed that the slower events were associated with a condition of low-frequency SST (> 60 days) distribution with a positive zonal gradient from the IO to WP. In contrast, high-frequency SST (20 –60 days) distributions associated with the MJO events were much the same between the fast and the slow groups with little zonal SST gradient across IO to WP. Furthermore, the extension of the analysis to rest of the events revealed that the relationship between zonal SST gradient and propagation speed was not a tendency restricted to the fastest and the slowest groups, but is an overall relationship that is displayed by all of the events. Taking note that the presence of zonal SST gradient in the low-frequency range has the potential to enhance large-scale zonal circulation, the component of the zonal wind associated with the background circulation was also analyzed. The analysis showed that there is a tendency for MJO to propagate slower when the background large-scale zonal circulation was stronger, implying that slower MJOs are embedded in enhanced large-scale zonal circulation.

キーワード：Madden-Julian Oscillation 、Air-Sea Interaction、Large-Scale Circulation
Keywords: Madden-Julian Oscillation , Air-Sea Interaction, Large-Scale Circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The role of the moisture on the occurrences and distribution of the Amazonian mesoscale convective systems

*Amanda Rehbein[1,2], Masaki Satoh[2], Tercio Ambrizzi[1]

1. Univ. of Sao Paulo, 2. Univ. of Tokyo

The mesoscale convective systems (MCSs) are large and long-lived organized cloud systems, which have impacts on climate and weather. Studies on MCSs over the Amazon basin have been driven in recent years. They showed that MCSs occur spreadly during the Amazon’ s wet season (November to March) when the Intertropical Convergence Zone is toward northern South America. The MCSs occurrence during wet season months has variations very little known. For instance, during January and March, the MCSs occurrence is greater than in February, being March the month with most occurrences. A similar pattern occurs with the monthly precipitation. During the dry season (May to September), the number of MCSs decreases to a minimum in August, the same as precipitation. However, these MCSs are larger than those occurred in the wet season. Why these differences in the MCSs behavior and occurrence happens is an open question and very important for understanding and improving the MCSs simulations over the Amazon basin. Also, we know very few about the MCSs’ mechanism of genesis and maintenance over that region, mainly due to the lack of data on the Amazon capable of representing the convection time scale. Recently (Jan. 17th, 2019), the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) turn available the highest spatial and temporal reanalysis data (ERA5; hourly temporal and 0.5º spatial resolutions) for global range and long-term data (since 1979 to the present). Therefore, our objective is to use this dataset to investigate the moisture’ s role to the MCSs occurrences on the diurnal, seasonal and interannual scales. To achieve it, we will present temporal and spatial statistical analysis in the hourly, monthly, and annual scales, including vertical moisture profiles. The target period is 2000 to 2013 because of this is the same period of the available MCSs climatology by Rehbein et al. (2017). This investigation is complimentary for a major study where the Amazonian MCSs present and future climates are being investigated.

Keywords: Mesoscale convective systems, Moisture, Amazon basin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interdecadal Change of the Impact of Eurasian Snow on Spring Precipitation Over Southern China

*Dingrui Cao[1]

1. Zhejiang University

In this study, the relationship between interdecadal and interannual changes of snow cover over Eurasia and precipitation over southern China are investigated. The results show that, the spring precipitation over southern China has experienced a change of positive to negative trend since the end of 1980s. The interannual change of spring precipitation over southern China has a significant positive correlation with the Eurasian snow cover (SCE) anomalies in northwest Lake Baikal. Baroclinic Atmosphere Model (LBM) was utilized in numerical simulation experiment. The results show that The SCE anomalies near northwest Lake Baikal can affect the spring precipitation over southern China by regulating the atmospheric circulation in East Asia and the Northwest Pacific. Further study indicates that the SCE anomalies near Lake Baikal have different contributions to the change of spring precipitation in south China around the end of 1980s. The whole dataset is divided into two periods, 1972-1987 (P1) and 1988-2009 (P2). During P1, the SCE anomalies around Lake Baikal contribute to the formation of regional mono-sign of spring precipitation over southern China. During P2, the SCE anomalies around Lake Baikal are conducive to the formation of north-south dipole modes of spring precipitation. Meanwhile, the SCE anomalies also have experienced an interdecadal change and contributes to precipitation mode over China. During P1, The SCE anomalies near Lake Baikal and its southeast side contribute to the formation of mono-sign of spring precipitation over southern China. During P2, the SCE anomalies near Lake Baikal and its northeast side are favorable for the south China spring precipitation to present the north-south dipole modes of spring precipitation.

Keywords: spring precipitation, snow cover, interdecadal changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の暖候期の豪雨に影響するAtmospheric Riverとその循環場の解析
Atmospheric Rivers and related atmospheric circulations associated with Japanese disastrous precipitation in warm season

末藤 菜保[1]、*谷田貝 亜紀代[1]、高藪 縁[2]
Naho Suetou[1], *Akiyo Yatagai[1], Yukari Takayabu[2]

1. 弘前大学大学院理工学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Science and Technology/Hirosaki University, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute/The University of Tokyo

Atmospheric Rivers (ARs) refer to the flow of moisture like an elongated river that reach the mid-troposphere, and water vapor evaporated in the tropics is transported rapidly by subtropical jet streams and extends to mid-latitudes. ARs play an important role in the meridional moisture (i.e. energy) transport in the mid-latitudes; besides bringing down heavy rain on the west coast of North America and the western coast of Europe. Recently, it was found that ARs could emerge around Japan, and the AR occurrence in Hiroshima in August 2014 was reported as one of the factors of heavy rain. However, there are few studies about a relation between heavy precipitation and ARs occurred in Japan. However, previous studies counted the AR occurrence among the heavy precipitation events in entire Japan (longitude 123˚-146˚ and latitude 24˚-46˚). The result during the warm season (April-October) was approximately 70%, which was a high value. It was considered that it included the location of heavy rain did not coincide with the occurrence spot of ARs, because the AR occurrence rate was calculated over a wide range. Therefore, this study analyzed it by dividing Japan into sub-regions, calculating the rate of ARs for heavy rain days that cause disasters in each region, and clarifying the atmospheric circulation field of the day when ARs occurred on heavy rain days.

The target period was 35 years from 1980 to 2014, and a year was divided into two seasons, the warm season (April-October) and the cold season (November-March). This study extracted heavy rain days and detected ARs in the warm season after defined conditions for extracting heavy rain days that cause disasters and conditions for detecting ARs that pass through around Japan. Then, Japan was divided into 13 regions, and it was sorted out the extraction of heavy rain days and AR detection in each region. At this time, AR detection in each area was the detection area up to 100 km in four directions of the area targeted, considering the remote influence of ARs. Only the AR occurrence rate of the warm season was targeted to be analyzed.

The AR occurrence rate in each area was lower than the value calculated in entire Japan. The area with the highest AR occurrence rate was 64.6 % in North Kyushu Region, and the areas with many heavy rain days but a low AR occurrence rate were in Shikoku-Kii Peninsula Region (44.1 %) and South Kyushu Region (45.8%).
This study compared Shikoku-Kii Peninsula Region and North Kyushu Region, and investigated the circulation field. First, the monthly value of AR occurrence rate was the highest in September (61.9 %) in Shikoku-Kii Peninsula Region and in June (83.3 %) in North Kyushu Region. Although the month that took the highest value was different, what common for these two regions were that it was relatively low in July and August and high in rainy seasons.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regarding the circulation field, the moisture flux in both regions converged on the target areas; however, it diverged over water in the east in Shikoku-Kii Peninsula Region and over water in the south in North Kyushu Region. Both moisture flow comes along the western periphery of the Pacific high where moisture diverges. It is found that there is a trough near the Korean Peninsula in Shikoku-Kii Peninsula Region.

Next, looking into the vertical cross section of the relative humidity and the wind field, the area with high specific humidity anomaly in both regions extended to the mid-troposphere. Also, looking into the specific humidity anomaly and the wind anomaly at the 2 pressure altitudes (500 hPa and 700 hPa) of the mid-troposphere, the areas with high in the specific humidity anomaly existed roughly at the same position as the moisture flux convergence, and the wind anomaly was similar to the flow of the moisture flux in the both regions. The flow of this wind and the moisture flux flown from the southwest to the northeast passing through the sea near Taiwan in Shikoku-Kii Peninsula Region, and from the west-southwest to the east-northeast passing through the mainland of China in North Kyushu Region.

Lastly, from the vertical cross section of the Omega (vertical p-velocity) anomaly, it was seen a strong ascending flow area that was narrow in the east and west and long in the north and south in Shikoku-Kii Peninsula Region, and that was wide in the east and west and narrow in the north and south.

キーワード：Atmospheric River、APHRO_JP、水蒸気輸送
Keywords: AR, APHRO_JP, moisture transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 106 1F

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)、座長:美山 透、瀬藤 聡、碓氷 典久

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[AOS17-01] The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

★Invited Papers

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1] (1.気象庁)

11:00 ~ 11:15

[AOS17-02] 関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響

*杉本 周作[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

11:15 ~ 11:30

[AOS17-03] 黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3] (1.国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2.国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3.国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所)

11:30 ~ 11:45

[AOS17-04] The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1]、Yasumasa Miyazawa[1]、Michael Miller[2]、Katsumi Tsukamoto[2] (1.Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、2.Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo)

11:45 ~ 12:00

[AOS17-05] 大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

12:00 ~ 12:15

[AOS17-06] 2017年黒潮大蛇行の長期予測

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1] (1.気象研究所)

The progress of the Kuroshio large meander in and after 2017

*桜井 敏之[1]、平原 幹俊[1]、福田 義和[1]、木村 未夏[1]、峯 宏太郎[1]、高橋 正臣[1]、小林 健作[1]、奥中 裕佳[1]、小林 熙[1]
*Toshiyuki Sakurai[1], Mikitoshi Hirabara[1], Yoshikazu Fukuda[1], Mika Kimura[1], Kotaro Mine[1], Masaomi Takahashi[1], Kensaku Kobayashi[1], Yuka Okunaka[1], Hiromu Kobayashi[1]

1. 気象庁
1. Japan Meteorological Agency

Office of Marine Prediction (OMP) at Japan Meteorological Agency (JMA) has been routinely operating an ocean data assimilation and prediction system for the western North Pacific (MOVE/MRI.COM-WNP) since March 2008. This system aims to represent ocean characteristics such as the Kuroshio/Oyashio current and meso-scale eddies. Using MOVE/MRI.COM-WNP, OMP provides ocean state information of major currents around Japan (Kuroshio/Oyashio/Tsushima-Warm-Current) and water temperatures in the western North Pacific mainly through the JMA website.
In August 2017, the Kuroshio developed a large meander (LM) for the first time in 12 years. A small meander that developed southeast of Japan’s Kyushu Island in late March 2017 and propagated eastward to waters off the country’s Tokai region in August is considered to have induced the Kuroshio LM. In August, MOVE/MRI.COM-WNP successfully forecasted the generation of the Kuroshio LM and JMA published a press release about the probabilityof the Kuroshio LM.
This presentation shows the progress of the Kuroshio LM in and after 2017 as contrasted with the past cases.

キーワード：黒潮、黒潮大蛇行、予報、海洋データ同化
Keywords: The Kuroshio, Kuroshio large meander, Forecast, Ocean Data Assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

関東地方夏季気温場への日本南方黒潮流路の影響
Influences of the Kuroshio path variation south of Honshu on summer surface air temperature in Kanto district, Japan

*杉本 周作[1]
*Shusaku Sugimoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohoku University

冬季の黒潮/黒潮続流上では多くの熱が上空大気に向けて放出されており、この熱交換関係は黒潮/続流が大気場に影響を及ぼすことを示している。一方で、夏季大気場への黒潮/続流の影響は明らかになっていない。これは黒潮/続流とその直上大気の温度差が小さいことや黒潮/続流に伴う海面水温前線が弱いことが要因としてあげられる。そのような状況の中、本研究では日本南方海域に焦点をあて、高解像度人工衛星観測資料を用いて夏季海面水温変動の振幅の大きさを調べた。その結果、海面水温変動は関東・東海沖で卓越することがわかり、黒潮が本州南方で蛇行する時期ほど関東・東海沖海面水温が上昇傾向にあることを指摘した。このことは、黒潮蛇行には、（１）伊豆諸島周辺で北向きに転向した黒潮が関東地方南岸近辺にまで流入し、（２）黒潮の一部が蛇行による反時計回りの渦の北縁沿いに東海地方沿岸を東から西に流れることを反映したのであろう。続いて、黒潮流路に起因した関東・東海沖海面水温が上空大気場に与える影響を同定・評価するために、気象庁非静力学大気モデルを用いて数値実験を実施した。本実験では海面水温の影響を十分に分解できるよう空間解像度5kmの実験を設計した。実験の結果、関東・東海沖での暖水の出現に伴い上空への蒸発量が増え、対流圏下層での北向き水蒸気輸送により関東地方の水蒸気量が増加することがわかった。そして、この水蒸気量増加に起因した下向き長波放射量の増加が地表気温の上昇に寄与することを指摘した。加えて、AMeDAS観測資料を用いた結果、関東地方の地表気温は関東・東海沖海面水温と有意な関係にあることが確認され、本数値実験を支持する結果が得られた。以上より、夏季においては、本州南方での黒潮の流路形態が、大気海洋相互作用系および日本の気候場の理解に重要であることを提案する。

キーワード：黒潮蛇行流路、関東・東海沖海面水温、関東地方地表気温、領域大気モデル実験
Keywords: Kuroshio meander path, SST off Kanto-Tokai district, SAT in Kanto district, Regional atmospheric model experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒潮海域における大蛇行時と非大蛇行時における生化学的特性の差異
Bio-chemilcal difference between the large meander and the non case of the Kuroshio current

*瀬藤 聡[1]、小埜 恒夫[2]、日高 清隆[1]、清水 勇吾[1]、西本 篤志[1]、寒川 清佳[1]、日下 彰[1]、安倍 大介[1]、伊藤 大樹[1]、亀田 卓彦[1]、廣江 豊[3]
*Takashi Setou[1], Tuneo Ono[2], Kiyotaka Hidaka[1], Yugo Shimizu[1], Atsushi Nishimoto[1], Sayaka Sogawa[1], Akira Kusaka[1], Daisuke Ambe[1], Daiki Itoh[1], Takashiko Kameda[1], Yutaka Hiroe[3]

1. 国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所、2. 国立研究開発法人水産研究・教育機構国際水産資源研究所、3. 国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区研究所
1. National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research and Education Agency , 2. National Research Institute of Far Seas Fisheires,Fisheries Research and Education Agency , 3. National Research Institute of Far Seas Fisheires,Seikai National Fisheries Research Institute

国立研究開発法人水産研究・教育機構は、2001年より御前崎沖138Eに南北のモニタリング定線、通称Oラインを設置し、現在まで年4～5回の観測を行っています。Oラインという名称は、この定線の始点となる観測点に近い御前崎市に因んで名付けられました。このラインは同機構の中央水産研究所を中心に実施され、通常、水温・塩分、栄養塩、植物・動物プランクトンの観測を実施しています。本講演では大蛇行時と非大蛇行時における物理化学的特性の差異について紹介します。

キーワード：黒潮
Keywords: Kuroshio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The late arrival of 2017-18 Japanese eel recruitment and its links to ocean circulation

*Yu-Lin Eda Chang[1], Yasumasa Miyazawa[1], Michael Miller[2], Katsumi Tsukamoto[2]

1. Application Laboratory, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Aquatic Bioscience, The University of Tokyo

In the year 2018, the Japanese eel (*Anguilla japonica*) recruitment almost vanished in Japan in the early recruitment season, and the eel catch peaked up in late recruitment period when the recruitment was usually small. Coincidently, the Kuroshio meander occurring south of Japan was revisiting since the previous event ends in 2005. The role of ocean circulation in 2018 unusual Japanese eel larvae recruitment was investigated using a three-dimensional particle tracking model, in which swimming behaviors of virtue larvae (v-larvae) was included in addition to passively drift by ocean currents. Similar results appeared in the simulation, showing none v-larvae arrival to the south of Japan in early recruitment period and increased substantially in the late recruitment period. The late arrival could be explained by the change of ocean circulation. The southward shifting and weak North Equatorial Current near spawning area, less Subtropical Countercurrent eddies, and weak Kuroshio during the early migration and recruitment period prevented v-larvae transport. In the late recruitment period, the Kuroshio was strengthened and strong near the East China Sea and south of Japan that transported v-larvae downstream efficiently. The maximum eel catch reduction in Tokai region where Kuroshio bifurcated offshore could be related to large meander. The Kuroshio large meander could potentially influence the local eel recruitment, but its actual role remained to be explored.

Keywords: Japanese eel, North Equatorial Current, Kuroshio large meander

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模アンサンブル実験による黒潮流路の確率予測
A probabilistic forecast of the Kuroshio current path variability using an 80-member ensemble simulation.

*青木 邦弘[1]、宮澤 泰正[1]、日原 勉[1]
*Kunihiro Aoki[1], Yasumasa Miyazawa[1], Tsutomu Hihara[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. JAMSTEC

数ヶ月先の黒潮大蛇行の発生の有無，発生確率，および，大蛇行強度は，黒潮流路変動の確率予測における基本的推定量である。これらは，それぞれ，黒潮流路の従う確率分布の多峰性の有無，大蛇行に対応する分布の確率，および，平均値と分散の組み，の推定問題と捉えることができる。

本研究では，この問題がガウス混合分布モデルの適用で一挙に解決できることを示す。同モデルは，教師なし機械学習によるクラスタリング手法で，任意の確率分布を複数の分布に分解し，各分布の平均値，分散，および，混合比（各分布が持つ重み）を推定する。これら３つの量は，それぞれ，系に特徴的なパターン（あるいは強度），その不確定性，および，パターンの発生確率に対応する。さらに，分布の多峰性の有無は情報量基準を用いて判定できる。

同手法を黒潮流路の確率予測に適用するため，黒潮域を対象とする数値海洋モデルを用いた80メンバーによるアンサンブル予測実験を行う。本実験では，現在継続中の大蛇行が起きる直前の期間に注目し，各メンバーの数値解に対して，アンサンブルカルマンフィルター（LETKF）でデータ同化を行った後に4ヶ月間の予測を行う。予測開始後のおよそ2ヶ月間は全てのメンバーが非大蛇行流路を取るが，その後，大蛇行流路を取るメンバーが現れる傾向がある。発表時には，この予測値への混合分布モデルの具体的な適用方法と，適用結果の詳細を示す。

キーワード：アンサンブル予測、データ同化、クラスタリング
Keywords: Ensemble forecast, Data assimilation, Clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2017年黒潮大蛇行の長期予測
Long-term forecast of the Kuroshio large meander in 2017

*碓氷 典久[1]、広瀬 成章[1]、坂本 圭[1]、藤井 陽介[1]、高野 洋雄[1]
*Norihisa Usui[1], Nariaki Hirose[1], Kei Sakamoto[1], Yosuke Fujii[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象研究所
1. Meteorological Research Institute

日本南岸の黒潮は2017年8月末に12年ぶりに大蛇行流路へと遷移し、その後1年以上大蛇行が持続している。大蛇行に伴う、日本南岸の海洋環境の変化は、漁業、海運、及び天候等に大きな影響を及ぼすことが指摘されており、大蛇行の今後の見通しに大きな関心が寄せられている。本発表では、渦解像モデルによる長期予測実験の結果をもとに、2017年の大蛇行の今後の見通しについて議論する。実験設定としては、大蛇行発生から約1年後の2018年8月末まで、データ同化により、現実の大蛇行をモデル内に再現し、2018年8月28日以降、大気フォーシングを1975年から2014年の各年のものに置き換えて、全40ケースのアンサンブル計算を行った。各ケースとも3年後の年末まで計算を実施した。なお、大気フォーシングデータとしては、JRA55をベースに海洋モデル駆動用に調整を施したデータセットJRA55-doを用いた。予測開始後1年半（2020年2月に相当）程度までは、ほぼ全てのケースで大蛇行が安定して持続した。その後は、メンバー間でのばらつきが大きくなり、大蛇行が持続するケースと大蛇行が解消するケースに分かれた。先行研究により、大蛇行の持続期間は、日本南岸の黒潮流量に強く依存することが指揮されており、上記結果は、各アンサンブルメンバーに与えた風の違いによって概ね説明がつきそうである。発表時には、2019年5月の実況について予測結果の妥当性を議論すると共に、実験結果についてより詳細に紹介する。

キーワード：黒潮大蛇行、黒潮流量、長期予測
Keywords: Kuroshio large meander, Kuroshio transport, long-term forecast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

*平野 雄也[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[AOS17-P02] 2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1] (1.気象庁気象研究所)

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)

黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化
Temporal and spacial changes in relative vorticity along the Kuroshio axis

*平野 雄也[1]、植原 量行[1]
*Yuya Hirano[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院地球環境科学研究科
1. The Graduate School of Geo-environmental Science, Tokai University

黒潮は北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流であり，東シナ海を北上した後，本州南岸を沿うように東方へ流れる．本州南岸の黒潮は，直進流路状態と蛇行流路状態の二峰性流路を有する事が知られ，それぞれ，非大蛇行流路(non-large-meander path)，大蛇行流路 (large-meander path) と呼ばれている (Kawabe, 1995)．このような黒潮流路の遷移は周辺の海洋構造 (水温，塩分，海流) を大きく変化させ，海洋の生物生産に多大な影響を与える事が予測される (例えば，山田・久野，2007)．また，黒潮の流路変化は，大気へ局所的な影響をもたらす事が示唆されている事から (Nakamura et al.，2012)，大気海洋相互作用の研究においても重要な研究課題の一つである．

黒潮流路の遷移過程について，これまで多くの研究が行われてきた．一般的に，非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移は九州南東沖に発生する 「黒潮小蛇行」の東方伝搬に起因することが知られているが (例えば，Solomon，1978；関根，1895；川辺，2003)，全ての小蛇行が大蛇行の形成に至るわけではない．多くの場合，小蛇行の伝搬が九州南東沖から紀伊半島まで到達するまでに，蛇行の振幅は減少する．本研究では，AVISO (Archiving Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data) の絶対海面力学高度データを用いて，黒潮流軸上に沿った相対渦度の変化を調べることにより，本州南岸において黒潮を離接岸させる経緯について詳細に記述していくことを目的とする．ここで，絶対海面力学高度データの時間解像度は weekly mean，空間解像度は 0.25˚ ×0.25˚ 格子，解析期間は1993 年 1 月 4 日～2018 年 6 月 4 日までの 26 年 6 ヶ月の期間である．加えて，本州南岸に定常的に存在する四国沖再循環の強度，再循環の中心位置の変化についても着目する．

キーワード：黒潮、流路遷移
Keywords: The Kuroshio, path transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

The Kuroshio large meander in 2017 and its coastal impact reproduced by a 2-km resolution assimilation model

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1]
*Nariaki Hirose[1], Norihisa Usui[1], Kei Sakamoto[1], Goro Yamanaka[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2017年8月下旬に2年ぶりに黒潮大蛇行が発生した。この大蛇行の再現と大蛇行が沿岸域に及ぼす影響を調べるために、気象研究所で開発された2km解像度のデータ同化モデルを用いて同化予測実験を行った。モデル結果は、大蛇行の形成過程とそれに関連した沿岸水位や沿岸水温の変動を良好に再現していた。2017年9月には、四国の室戸岬東で急潮が発生したことが報告されている。モデル結果は、この急潮が黒潮上を伝わってきた、低気圧性偏差を伴う擾乱によって生じたことを示していた。また、10月末には、静岡から三重にかけての沿岸域に、黒潮系の暖水が入り込む暖水波及が再現された。この暖水は、大蛇行の東側の北上流から西に分岐下流れによってもたらされていた。発表時には、予報結果も交えてより詳しいプロセスに言及する予定である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年夏の黒潮大蛇行再強化
Reintesification of the Kuroshio Large Meander in Summer 2018

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1]
*Toru Miyama[1], Yasumasa Miyazawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Application Laboratory

2017年8月末に始まった黒潮大蛇行は、始まってから1年以上経つ。既に前回の2004/2005年や前々回の1989/1990のイベントよりも長くなっている。大蛇行を構成する低気圧性渦の強さをFRA-JCOPE2再解析(Miyazawa et al. 2009)の135-140ºE 30-35ºN海面高度の最低値として定義すると(小さいほど渦は強い)、渦の強さは黒潮大蛇行が始まって強化された後、2018年の春からは弱化に転じている。しかし、2018年の夏からは再び強化に転じた。同様な傾向は海面下の温度場にも見られる。さらに観測された力学高度(E.U. Copernicus Marine Service Information)でも確かめられた。1975-80年の大蛇行の時は，晩春から夏の時期に 毎年冷水渦の強さが回復したとSekine et al. (1985)で報告されている。したがって、2018年夏に見られた黒潮大蛇行の再強化は、今回の大蛇行が長く続いていることに何らかの役割を果たしている可能性がある。本公演でその時の状況と力学について報告する。

キーワード：黒潮大蛇行、海洋再解析、渦
Keywords: Kuroshio large meander, ocean reanalysis, eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-OS17] 黒潮大蛇行

コンビーナ:美山 透(国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)、碓氷 典久(気象研究所)、瀬藤 聡(国立研究開発法人水産研究・教育機構中央水産研究所)

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

*平野 雄也[1]、植原 量行[1] (1.東海大学大学院地球環境科学研究科)

[AOS17-P02] 2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1] (1.気象庁気象研究所)

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ)

黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化
Temporal and spacial changes in relative vorticity along the Kuroshio axis

*平野 雄也[1]、植原 量行[1]
*Yuya Hirano[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院地球環境科学研究科
1. The Graduate School of Geo-environmental Science, Tokai University

黒潮は北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流であり，東シナ海を北上した後，本州南岸を沿うように東方へ流れる．本州南岸の黒潮は，直進流路状態と蛇行流路状態の二峰性流路を有する事が知られ，それぞれ，非大蛇行流路(non-large-meander path)，大蛇行流路 (large-meander path) と呼ばれている (Kawabe, 1995)．このような黒潮流路の遷移は周辺の海洋構造 (水温，塩分，海流) を大きく変化させ，海洋の生物生産に多大な影響を与える事が予測される (例えば，山田・久野，2007)．また，黒潮の流路変化は，大気へ局所的な影響をもたらす事が示唆されている事から (Nakamura et al.，2012)，大気海洋相互作用の研究においても重要な研究課題の一つである．

黒潮流路の遷移過程について，これまで多くの研究が行われてきた．一般的に，非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移は九州南東沖に発生する 「黒潮小蛇行」の東方伝搬に起因することが知られているが (例えば，Solomon，1978；関根，1895；川辺，2003)，全ての小蛇行が大蛇行の形成に至るわけではない．多くの場合，小蛇行の伝搬が九州南東沖から紀伊半島まで到達するまでに，蛇行の振幅は減少する．本研究では，AVISO (Archiving Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data) の絶対海面力学高度データを用いて，黒潮流軸上に沿った相対渦度の変化を調べることにより，本州南岸において黒潮を離接岸させる経緯について詳細に記述していくことを目的とする．ここで，絶対海面力学高度データの時間解像度は weekly mean，空間解像度は 0.25˚ ×0.25˚ 格子，解析期間は1993 年 1 月 4 日～2018 年 6 月 4 日までの 26 年 6 ヶ月の期間である．加えて，本州南岸に定常的に存在する四国沖再循環の強度，再循環の中心位置の変化についても着目する．

キーワード：黒潮、流路遷移
Keywords: The Kuroshio, path transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2km解像度データ同化モデルで再現された2017年黒潮大蛇行とその沿岸域への影響

The Kuroshio large meander in 2017 and its coastal impact reproduced by a 2-km resolution assimilation model

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1]
*Nariaki Hirose[1], Norihisa Usui[1], Kei Sakamoto[1], Goro Yamanaka[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2017年8月下旬に2年ぶりに黒潮大蛇行が発生した。この大蛇行の再現と大蛇行が沿岸域に及ぼす影響を調べるために、気象研究所で開発された2km解像度のデータ同化モデルを用いて同化予測実験を行った。モデル結果は、大蛇行の形成過程とそれに関連した沿岸水位や沿岸水温の変動を良好に再現していた。2017年9月には、四国の室戸岬東で急潮が発生したことが報告されている。モデル結果は、この急潮が黒潮上を伝わってきた、低気圧性偏差を伴う擾乱によって生じたことを示していた。また、10月末には、静岡から三重にかけての沿岸域に、黒潮系の暖水が入り込む暖水波及が再現された。この暖水は、大蛇行の東側の北上流から西に分岐下流れによってもたらされていた。発表時には、予報結果も交えてより詳しいプロセスに言及する予定である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年夏の黒潮大蛇行再強化
Reintesification of the Kuroshio Large Meander in Summer 2018

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1]
*Toru Miyama[1], Yasumasa Miyazawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Application Laboratory

2017年8月末に始まった黒潮大蛇行は、始まってから1年以上経つ。既に前回の2004/2005年や前々回の1989/1990のイベントよりも長くなっている。大蛇行を構成する低気圧性渦の強さをFRA-JCOPE2再解析(Miyazawa et al. 2009)の135-140ºE 30-35ºN海面高度の最低値として定義すると(小さいほど渦は強い)、渦の強さは黒潮大蛇行が始まって強化された後、2018年の春からは弱化に転じている。しかし、2018年の夏からは再び強化に転じた。同様な傾向は海面下の温度場にも見られる。さらに観測された力学高度(E.U. Copernicus Marine Service Information)でも確かめられた。1975-80年の大蛇行の時は，晩春から夏の時期に 毎年冷水渦の強さが回復したとSekine et al. (1985)で報告されている。したがって、2018年夏に見られた黒潮大蛇行の再強化は、今回の大蛇行が長く続いていることに何らかの役割を果たしている可能性がある。本公演でその時の状況と力学について報告する。

キーワード：黒潮大蛇行、海洋再解析、渦
Keywords: Kuroshio large meander, ocean reanalysis, eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 106 1F

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)、座長:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学)

本セッションは、海洋物理学に関する幅広い研究テーマについて、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表を歓迎する。

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:05

[AOS18-01] **Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System**

*Jianing Wang[1]、Fan Wang[1] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences)

14:05 ~ 14:20

[AOS18-02] Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1]、Yujiro Kitade[1]、Shigeru Aoki[2] (1.Tokyo University of Marine Science and Technology、2.Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University)

14:20 ~ 14:40

[AOS18-03] **21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change**

★Invited Papers

*Reza Marsooli[1]、Ning Lin[2]、Kerry Emanuel[3] (1.Stevens Institute of Technology、2.Princeton University、3.Massachusetts Institute of Technology)

14:40 ~ 15:00

[AOS18-04] **The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model**

★Invited Papers

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

15:00 ~ 15:15

Discussion

Real-Time Subsurface Moorings as a Promising Component of Global Ocean Monitoring System

*Jianing Wang[1], Fan Wang[1]

1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences

Subsurface moorings have advantage in providing long term and full-depth ocean monitoring parameters. Traditional moorings normally release data once a year, which put constraints on the mooring data usage in the weather and short-term climate forecasts. Recently, the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences (IOCAS) has overcome difficulties in the long-term transmission of real-time data from subsurface moorings. Data from sensors up to 3000 m depth can be transmitted to the surface floating body through wireless acoustic communications and then to the shore through satellite. In 2016, the IOCAS had realized real-time transmission of three dimensional velocities over the upper 1000 m from one mooring for more than 280 days. In 2017, real-time transmission module was equipped on the majority of the moorings, and the depth range of data has been extended from 1000 to 3000 m; this real-time observing network has successfully been conducted for 300 days until now. The aim of this abstract is to make recommendation for Real-Time Subsurface Moorings (RTSMs) as a promising component of global ocean observing systems.

The present prediction skill of ENSO at short lead time still leaves much to be desired. Beyond surface ocean data delivered by moored buoys and satellites in real time, the RTSMs can provide the time-depth variations of temperature and velocity at the subsurface and intermediate layers (e.g., the Equatorial Undercurrent variability), which also play a crucial role in the evolution of ENSO. Assimilation of these data will further improve the ENSO prediction skill. Deep-sea data acquiring in real time are also useful to many marine applications, including shipping, fishing, ocean emergent search and rescue, and pollution monitoring. RTSMs will provide data without the need of the use of a ship. This reduces the cost of ship and the risk of data loss due to mooring damage, making the fixed observation system in a more cost-effective manner.

Keywords: Real-Time Subsurface Mooring, Global Ocean Observing Systems

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal Variation of the Mixed Layer Depth at 60°S and its governing dynamics

*Matheus Ferreira Azevedo[1], Yujiro Kitade[1], Shigeru Aoki[2]

1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

In this research, data from a yearlong M-TRITON type mooring system deployed in 2012 is used to study the seasonal variability of the dynamics governing the Southern Ocean and its influence on the mixed layer depth by measuring temperature, salinity and current velocity data. GHRSST Satellite data and reanalysis ERA-interim wind data were used to complement the mooring, identifying spatial variation in wind and sea surface temperature (SST). This is relevant in the context of coupling readily available surface information (via satellite) and punctual information from ship CTD casts with corresponding subsurface phenomena.

A major factor of mixing was identified as the work on upper-ocean inertial motions (period T =13.8186 hours) associated with variable wind forcing, corroborating with the work of Alford (2001, 2003), Watanabe & Hibiya (2002) and Furuichi et al. (2008). Strong wind peaks, were observed to break stability, parametrized as the Buoyancy frequency N^2, which varied from an order of 10^{-4} s^{-2} to 0 or negative values in the original mixed layer depth (MLD) at the period, while enhancing stability at deeper layers in the same proportion it decreases at the layer above. As a consequence, the MLD increases by around 25m during these events. Wind forcing was found to influence stability and MLD not only through the work of storm induced near-inertial motion but also through meso-scale meridional transport, modulating the frontal structure of the Antarctic Convergence. During winter, the system response to wind weakened as surface cooling induced large scale convection. In particular a cold front reached the mooring at May 28th, starting the convection process. MLD responded by deepening to as far as 150m, and upward salinity flux could be observed.

Strong shear could be observed, usually bellow the mixed layer and generally agreeing with other reports of momentum penetration beyond the scalar mixed layer (e.g. Johnston & Rudnick, 2009). Shear comparison could not be made throughout the year, however, as the mixed layer goes bellow the ADCP detection range during winter. The strong stratification at the base of the mixed layer was seen to generate a complex internal wave field, where shear instability dissipates through high frequency internal waves of period between 2 and 4 hours. These waves seem to become trapped at the stratified layer and evolve to inertial period oscillations, increasing in amplitude until they break, generating high frequency waves once again. This process was observed to repeat at every mixed layer deepening event, either in summer or winter. The relation between internal waves, mixing and MLD at the Southern Ocean is a step to understand nutrient availability and the formation of important water masses of global influence.

Keywords: Southern Ocean, Internal waves, Mixing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

21st-Century Flood Hazards along the U.S. Atlantic Coast: Impacts of Sea Level Rise and Tropical Cyclone Climatology Change

*Reza Marsooli[1], Ning Lin[2], Kerry Emanuel[3]

1. Stevens Institute of Technology, 2. Princeton University, 3. Massachusetts Institute of Technology

Flooding due to tropical cyclones (TC) is among the most destructive coastal hazards along the U.S. Atlantic Coast. TC-induced coastal flooding will worsen under sea level rise (SLR) and climate change. To effectively adapt to these evolving hazards, it is essential to understand potential changes in future flood return levels. The present study investigates the impact of 21st-century sea level and TC climatology on flood return levels along the U.S. East and Gulf Coasts. We use extreme value theory and combine probabilistic estimates of sea level rise and TC storm tides to determine flood return levels for the historical period of 1980-2005 and the future period of 2070-2100 (under the emission scenario RCP8.5). A basin-scale hydrodynamic model is implemented to simulate storm tides for large numbers of synthetic TCs that are generated by a statistical-deterministic TC model under climate conditions observed during the historical period and projected by six climate models for the future period. We present and discuss flood return level projections and the contribution of sea level rise and TC climatology change to the projected changes in the return levels.

Keywords: Storm Surge, Tropical Cyclone, Sea Level Rise, Climate Change, U.S. Atlantic Coast

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model

*北 祐樹[1]、早稲田 卓爾[1]
*Yuki Kita[1], Takuji Waseda[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. University of Tokyo

Violent ocean waves are generated by the explosive cyclone. Since ocean waves affect the development of tropical cyclones, the impacts of ocean waves on the development of explosive cyclones are expected. Ocean waves have several impacts on the atmospheric surface layer: surface friction, sea spray, and momentum flux. We implemented sensitivity experiments to clarify how much ocean waves affect the development of an explosive cyclone with an atmosphere-ocean-wave coupled model, especially focusing on surface friction affected by ocean waves. The test case is the explosive cyclone emerged in early January 2018 over the Northwestern Atlantic. The atmospheric model is Weather Research and Forecasting Model (WRF), the ocean model is Coastal and Regional Ocean COmmunity model (CROCO), and the ocean wave model is WAVEWATCH III (WW3). We compared the numerical simulation results between the WRF-CROCO model and the WRF-CROCO-WW3 model. In the WRF-CROCO-WW3 coupled model considering ocean wave impacts just on surface friction, it is found that the deepening of the explosive cyclone was intensified by about 2hPa in the central sea level pressure, and the center track slightly shifted. In the fully coupled model, the surface roughness reduced and the wind speed was intensified by and large. Compared with observation data above the ocean, the fully coupled model had more accurate wind speed and sea level pressure than the atmosphere-ocean coupled model. It is also revealed that the boundary surface layer scheme in the atmospheric model is critical for accurate reproduction of surface atmospheric process and ocean waves. To reproduce accurate wind speed and wave height, the YSU (Yonsei University) scheme had a better performance than the MYNN (Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino) 3rd scheme. As the next step, it is necessary that a coupled model takes into account the turbulent momentum flux produced by ocean waves to reproduce complete accurate air-sea interactions.

キーワード：爆弾低気圧、波浪、大気海洋相互作用、結合モデル
Keywords: Explosive cyclone, Ocean surface waves, Air-sea interaction, Coupled model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] Eveningポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-OS18] 海洋物理学一般

コンビーナ:川合 義美(国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球環境観測研究開発センター)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、北出 裕二郎(東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科)

本セッションは、海洋物理学に関する幅広い研究テーマについて、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表を歓迎する。

[AOS18-P01] Mathematical modeling for initial profile of tsunami by instantaneous- or slow-faulting

*Chi-Min Liu[1] (1.Chienkuo Technology University)

[AOS18-P02] 衛星重力観測と衛星海面高度計から見る2004年スマトラーアンダマン地震と2012年インド洋地震に伴うジオイド高変化と海水面高度変化

★招待講演

*田中 優作[1] (1.東京大学地震研究所)

[AOS18-P03] An irregularly shaped warm eddy observed by Chinese underwater gliders

*Huabin MAO[1] (1.South China Sea Institute of Oceanology)

[AOS18-P04] sea surface cooling in the northern South China Sea observed using Chinese underwater glider

*Chunhua Qiu[1] (1.Sun Yat-sen University)

[AOS18-P05] Airborne SAR observation of dependence of ocean surface backscattering on wind direction

*灘井 章嗣[1] (1.情報通信研究機構)

Mathematical modeling for initial profile of tsunami by instantaneous- or slow-faulting

*Chi-Min Liu[1]

1. Chienkuo Technology University

Tsunami is one of the most catastrophic disasters in the world. Most of them are generated by the faultings. As the faulting speed is of several thousand meters per second, many tsunamis are generated instantaneously and therefore their initial profiles are assumed to be identical to the profiles of the uplifted sea bottom. This assumption is often adopted in numerical simulation for the sake of simplification. However, in some faulting cases, the speed is comparatively slow which results in the profile discrepancy between sea bottom and surface. To this end, present study aims to mathematically analyze the initial wave profiles generated by either the instantaneous or slow faulting. Results show that the initial profiles greatly differ from the variation of sea bottom for the slow-faulting scenarios.

Keywords: tsunami, slow-faulting, initial profile

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星重力観測と衛星海面高度計から見る2004年スマトラーアンダマン地震と2012年インド洋地震に伴うジオイド高変化と海水面高度変化
Geoid height and sea surface changes due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake and the 2012 Indian-Ocean earthquake from satellite gravimetry and satellite altimetry

*田中 優作[1]
*Yusaku Tanaka[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute

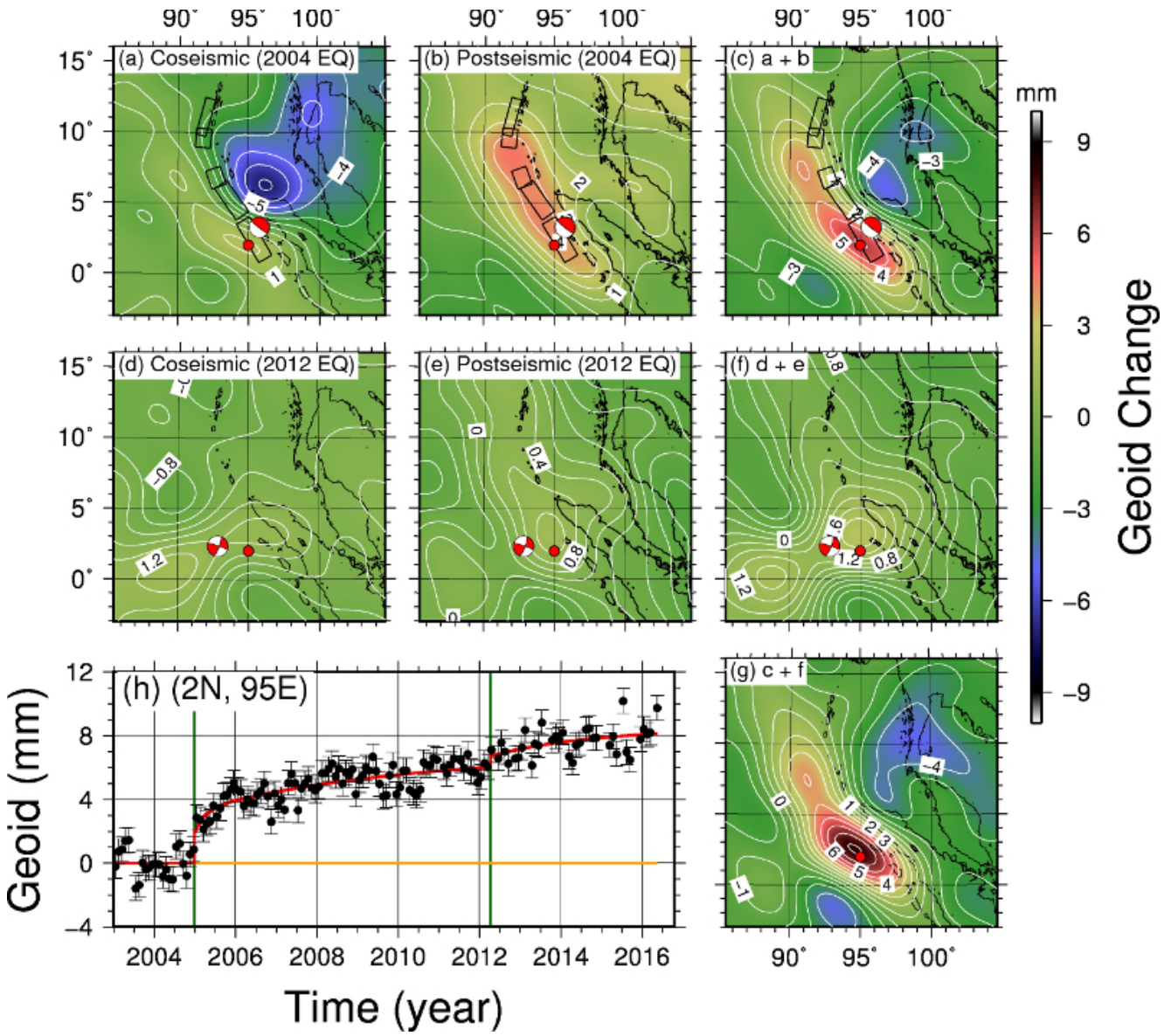
2004年と2012年にスマトラで発生した巨大地震が、海域における局所的かつ不可逆的なジオイド高変化をもたらした。これについて、海域のジオイド高と海水面高度の変化に注目した研究結果が、2019年2月18日現在、TAO誌に受理され印刷中である。本講演では、この内容について紹介したい。以下は、当該論文の概要と、図の説明である。

重力観測衛星GRACEのデータの解析によって、2004年スマトラーアンダマン地震(Mw9.2)及び2012年インド洋地震(Mw8.6)が引き起こした、地震時と地震後の長期的な地球重力場とジオイド高の変動を捉えた。その結果、地震現象が循環的に発生する事とは逆に、重力場とジオイド高が不可逆的に変化した事が示された。この重力場とジオイド高変化は海域において発生しているため、次に、そこから予測される海面高変化の検出を衛星海面高度計のデータを用いて試みた。最小二乗法やEOF解析を利用した海面高変化の時系列解析を行なった結果、ジオイド高変化に一致する海面高変化は、衛星海面高度計のデータにおいてはエルニーニョ等に起因する熱膨張の寄与にほぼ埋没しており、stericな海水の移動とnon-stericな海水の移動が、データの取得方法によって別個に得られる事が定量的に示された。

[図] GRACE衛星が観測した2004年スマトラーアンダマン地震(Mw9.2)と2012年インド洋地震(Mw8.6)に起因する不可逆的なジオイド高変化。空間分解能は300km程度である。(a): 2004年スマトラーアンダマン地震の本震に伴うジオイド高変化。図中の黒い四角は断層を模式的に表したもので、赤と白のビーチボールは断層のメカニズムを示し、その位置は震央を示す。(b): 2004年スマトラーアンダマン地震の直後から現在2016年5月までに進行した、粘弾性緩和に起因すると考えられる地震後のジオイド高変化。(c): (a)と(b)の和。(d): 2012年インド洋地震の本震に伴うジオイド高変化。(e): 2012年インド洋地震の直後から現在2016年3月までに進行した、粘弾性緩和に起因すると考えられる地震後のジオイド高変化。(f): (d)と(e)の和。(g): (c)と(f)の和。(h): 地図上に赤丸で示した点の時系列（季節変化は補正済み）。地震発生前の平均値を0に設定しており、この値をオレンジの水平線で示している。黒丸が観測データで、赤は最小二乗法で観測データにフィッティングした曲線である。ダークグリーンの二本の鉛直線は2004年と2012年の地震発生時を示している。

キーワード：ジオイド高変化、海面高変化、衛星重力観測、衛星海面高度計、地震
Keywords: Geoid height change, Sea level variation, Satellite gravimetry (GRACE), Satellite altimetry (Jason), earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An irregularly shaped warm eddy observed by Chinese underwater gliders

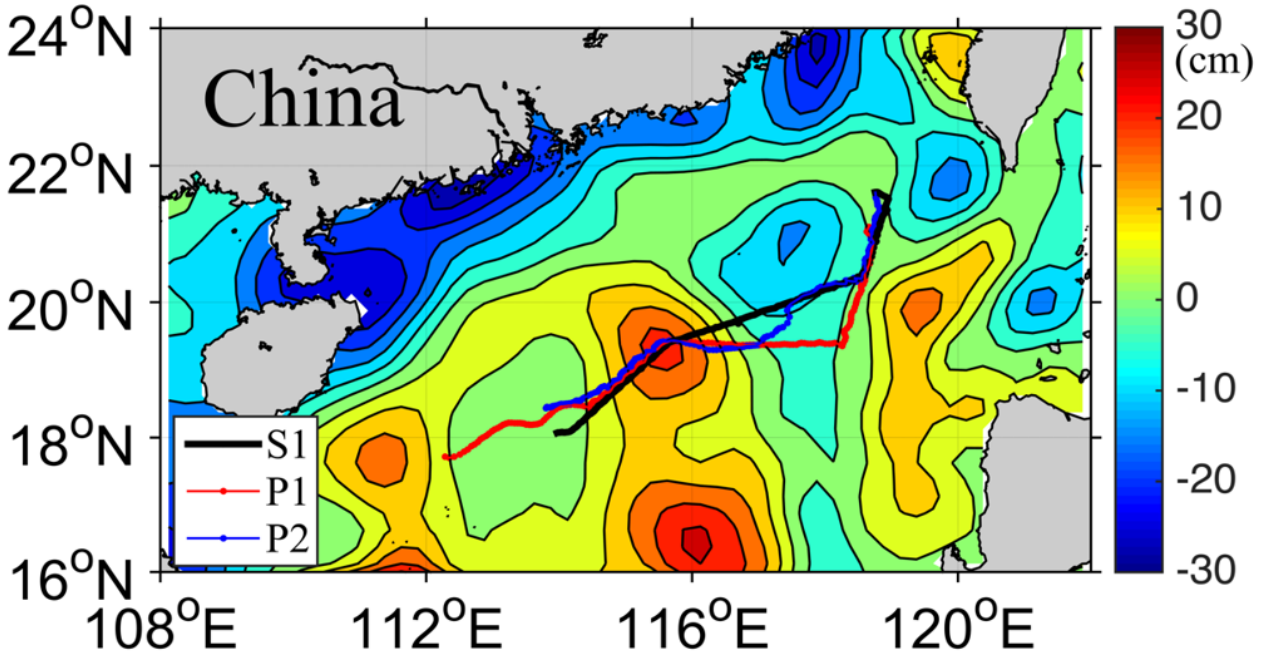
*Huabin MAO[1]

1. South China Sea Institute of Oceanology

Mesoscale eddies are important for transporting oceanic energy and matter. We investigated the three-dimensional structure
of an irregularly shaped warm eddy using three Chinese underwater gliders and satellite data during May 2015 in the northern
South China Sea. The warm eddy lasted for 2 months, remained quasi-steady, and had a mean radius of ~ 70 km from May
10 to May 31. The heat contents observed along the two glider tracks differed markedly, by 2 ×109 J/m2, which reflected an
imbalance in the geostrophic and tangential velocity distributions of the eddy. The geostrophic/tangential velocity decreased/
increased with depth within the warm eddy. The maximum tangential velocities calculated using the datasets from the two
gliders were 0.8 and 0.25 m/s, respectively, confirming that the shape of the warm eddy was horizontally asymmetrical.
Large errors can arise when the heat, energy, and matter transport for an irregularly shaped eddy are estimated using a regular
circular model. We suggest that more intersecting glider tracks should be used to retrieve the three-dimensional eddy structure,
and that those tracks should be better designed. The irregular shape of the warm eddy was likely induced by oceanic
currents such as the wind-induced Ekman current. Further study is needed to elucidate the eddy–current interactions and
the mechanisms thereof.

Keywords: Irregular shape, Warm eddy, Chinese underwater glider

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

sea surface cooling in the northern South China Sea observed using Chinese underwater glider

*Chunhua Qiu[1]

1. Sun Yat-sen University

Based on 26 days of Chinese Sea-wing underwater glider and satellite microwave data, we documented cooling of the upper mixed layer in response to changes in the wind in 9.19-10.15, 2014. The sea-wing underwater glider measured 177 profiles of temperature, salinity, and pressure. we estimated temperature tendencies using a mixed layer model. The entrainment rate and latent heat flux were the two major components that regulated cooling of the mixed layer, and that the Ekman advection and sensible heat flux were small.

Keywords: mixed layer, glider, south china sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Airborne SAR observation of dependence of ocean surface backscattering on wind direction

Airborne SAR observation of dependence of ocean surface backscattering on wind direction

*灘井 章嗣[1]
*Akitsugu Nadai[1]

1. 情報通信研究機構
1. NICT National Institute of Information and Communications Technology

Synthetic aperture radar (SAR) has attracted attention as an oceanwinds measurement technique in coastal areas where high spatial resolution is required.

Oceanwinds measurement by SAR requires the normalized radar cross section (NRCS) model of ocean surface backscattering. However, the NRCS models currently developed is statistically analyzed by combination of NRCS measured by spaceborne SAR and meteorological data. In this study, by carrying out airborne SAR observations with multiple illumination directions in a short time, direct measurement of wind direction dependence of the NRCS at a certain wind speed was tried.

Using a model function of NRCS with the same format as the NRCS models, the coefficients of oceanwinds dependence of NRCS are determined by the airborne SAR. The results determined by airborne SAR are compared with NRCS models and results of the airborne scatterometer.

Regarding the wind speed dependence, the results of the airborne SAR showed good agreement with that of the airborne scatterometer. On the other hand, two NRCS models give a fairly large NRCS. In addition, the change of wind speed dependence with incidence angle determined by the airborne SAR and the airborne scatterometer show different tendency with those of NRCS models.

Regarding the wind direction dependence, the results by airborne SAR shows significantly large wind direction dependence compared with the NRCS model at the incidence angle of 32 degrees. On the other hand, the wind direction dependence by the airborne SAR almost agrees with that of the airborne scatterometer at the incidence angle of 32 degrees.

Comparing the measured NRCS by the airborne SAR with that by the airborne scatterometer, the possibility of influence of the observation configuration on measurement accuracy of the wind direction dependence is suggested.

In addition, the influence of size of spatial averaging may be important on the accuracy of oceanwinds measurement using SAR. Though the high spatial resolution oceanwinds measurement is expected for SAR, ocean surface phenomena like swells and ship wakes may influence the oceanwinds measurement by SAR. Moreover, SAR data cannot be free from speckle noise. The influence of spatial averaging size has to be grasped.

キーワード：海上風、合成開口レーダー、海面後方散乱、正規化レーダ散乱断面積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Oceanwinds, Synthetic aperture radar, Ocean surface backscattering, Normalized radar cross section

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 106 1F

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、座長:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

9:00 ~ 9:15

[AOS20-01] 全球海洋観測システムのこれまでとこれから

★招待講演

*須賀 利雄[1,2] (1.東北大学　大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[AOS20-02] Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.海洋研究開発機構)

9:30 ~ 9:45

[AOS20-03] 全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動

★招待講演

*纐纈 慎也[1] (1.海洋研究開発機構)

9:45 ~ 10:00

[AOS20-04] 過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3] (1.気象庁、2.東京大学大気海洋研究所、3.気象研究所)

10:00 ~ 10:15

[AOS20-05] 海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価

*藤井 陽介[1] (1.気象庁気象研究所)

10:15 ~ 10:30

[AOS20-06] **Global ocean state estimation with new float observations**

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構)

全球海洋観測システムのこれまでとこれから
Global Ocean Observing System: The Past, the Present and the Future

*須賀 利雄[1,2]
*Toshio Suga[1,2]

1. 東北大学　大学院理学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. JAMSTEC

全球海洋観測システムを，頭文字を大文字にしてGlobal Ocean Observing System（GOOS）と綴ると，ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）が主導する国際プログラムの名称になる。現在，GOOSは気候，オペレーショナル・サービス，海洋生態系の健全性という3つの重要なテーマに関わる全球海洋の観測の調整を担っている。GOOSは，1990年に開催された第二回世界気候会議の要請を受け，IOCによって1991年に立ち上げられ，その後の展開には研究者コミュニティが本質的な関与をしてきた。国際プログラムとしてのGOOSにとっても，多様な観測ネットワークから成るシステムとしての全球海洋観測システムにとっても，大きな節目となった２つの国際会議，OceanObs’99とOceanObs’09の成果と意義に焦点を当てつつ，GOOSのこれまでの歩みを紹介する。GOOSもその中に取り込み，観測実施者から観測データに基づく情報のエンドユーザーまでを一堂に集めて，OceanObs’09以降の海洋観測ネットワークの進展に関する情報を交換し，海洋情報への増大する社会のニーズに応える革新的な方策を立案することを目指したOceanObs’19の準備が本年9月の開催へ向けて進んでいる。これに関わる動きとその背景に触れ，研究者コミュニティが果すべき役割について考える。

キーワード：全球海洋観測システム、必須気候変数、必須海洋変数、観測ネットワーク、海洋観測枠組
Keywords: Global Ocean Observing System, Essential Climate Variables, Essential Ocean Variables, observing network, Framework for Ocean Observing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observed long-term change and variability in the global upper-ocean stratification

*山口 凌平[1]、須賀 利雄[1,2]
*Ryohei Yamaguchi[1], Toshio Suga[1,2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 海洋研究開発機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

With the progress of global warming, enhanced upper-ocean thermal stratification from the 1970s has been reported by IPCC AR5. Many studies on future climate projection using CMIP climate models also point out that upper-ocean stratification will strengthen in this century. The strengthened stratification will reduce vertical nutrient supply from the subsurface by futher stabilizing the upper-ocean water column, and then the primary production of the whole ocean is concerned to decrease.

However, large uncertainties in the observational estimate of the long-term change in the upper-ocean stratification still remain. Strengthening trend of the upper-ocean thermal stratification due to the surface intensification of the warming signals has been detected from estimation using globally-averaged sea surface and subsurface temperature time series. On the other hand, some observational studies focusing on some specific regions or using relatively short time series demonstrate that the upper-ocean stratifications are weakening in recent decades, rather than strengthening associated with global warming.

We investigated globally the long-term change and variability in the upper-ocean stratification defined here as the difference between the surface and subsurface density. To resolve spatial patterns of the trends and superposed decadal variability, we used temperature and salinity observations with as spatial and temporal coverage as wide as possible from World Ocean Database 2013. As a result, strengthening trends of the upper-ocean stratification associated with global warming were detected over the global ocean, except for the Arctic Ocean. In the global average, the increase in density stratification corresponds to a 6.6–11.8% of the mean stratification from the 1960s. In addition to the well-documented cause, that is the surface intensified warming, the subsurface temperature changes and haline stratification changes also have significant impacts on the long-term changes in the upper-ocean stratification. The decadal/interannual variabilities in the upper-ocean stratification associated with each particular climate mode are also detected in some ocean regions: The density stratification is correlated with the Niño 3.4 index in the tropical Pacific, negatively lagged correlated with the North Atlantic Oscillation (NAO) index in the North Atlantic, and shows correspondences with SST variations associated with the Pacific Decadal Oscillation (PDO) in the North Pacific.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球観測網から推定する海盆規模塩分・溶存酸素変動
Estimation of changes in salinity and dissolved oxygen based on observational networks

*纐纈 慎也[1]
*Shinya Kouketsu[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

全球自動観測網の発展により海洋内部の水温・塩分の変動が直接的に把握されるようになっている。例えば全球貯熱量の変動は、水位変動や地球の熱収支変動と比較して一定程度の確からしさで整合的に評価されるに至っている。また、海洋内部の海盆毎、海盆内の大規模変動についても特に表層水塊を中心に様々な研究がおこなわれてきている。しかしながら、循環や変動の定量的評価が十分になされているわけではない。例えば、現状の自動観測網で把握される深度（2000m）であっても、深い層の変動については主に塩分の観測精度の問題もあり十分検討されていない。また、自動観測網で測られてこなかったプロパティの変動についても十分わかっていない。そこで、本研究では、より長期の海洋変化を知る一つの取り組みとして、他の様々な観測と自動観測網を組み合わせることで、自動観測網が把握する変動の不確かさの評価や自動観測網が把握する海水循環の変動を利用して他の海水プロパティを把握することを目的とする。

その第一歩として自動昇降式フロート観測のみで作成した等密度面上での月ごと塩分・水温分布をもとにして海洋の主温度躍層以深の15年平均の拡散を含む平均流動場を作成し、月ごとデータから得られる長期変化に関わる収支を見積もった。その結果、特に中層以深の等密度面上での変化は拡散の効果が大きいと診断された。これは等密度面上、等圧面上での水温・塩分変化の比較から、主に中層以深の温度上昇によって説明される変化と推定された。この変化に伴う等密度面上での塩分変化のパターンは２回の高精度観測に現れる差と比較的良い一致を示しており、自動観測網の精度・品質管理に改善の余地はあるものの大域的には変化の検出力は低くないことも示唆している。これは、観測網を利用することで現存量変化とその仕組み（収支）を評価できることを表した結果といえる。

また、この塩分収支をベースとした１５年平均の流動場を元に溶存酸素の長期平均場を与えることで、溶存酸素の収支について検討した。収支の残差の広域平均は、生物活動により消費される酸素量の過去の見積もりとある程度一致していた。但し、海域によっては、酸素のその場での長期変化と同じオーダーであるためより溶存物質の長期的・広域の変動を把握する観測網が必要であることも示唆していた。

なお、公演時にはこれらの結果と同化・数値モデル結果との比較やその他ここで利用したデータセットをもとにした研究についても紹介する予定である。

キーワード：海洋観測、長期変動
Keywords: ocean observations, long-term ocean variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

過去40年間にわたる亜熱帯モード水の物理・生物地球化学的10年規模変動

Remotely forced decadal physical and biogeochemical variability of North Pacific Subtropical Mode Water over the last 40 years

*笹野 大輔[1]、岡 英太郎[2]、山田 広大[2]、延与 和敬[1]、中野 俊也[1]、石井 雅男[3]
*Daisuke Sasano[1], Eitarou Oka[2], Yudai Yamada[2], Enyo Kazutaka[1], Toshiya Nakano[1], Masao Ishii[3]

1. 気象庁、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Meteorological Research Institute

西部北太平洋を横断する東経137度定線での半世紀にわたる観測から、遠隔強制による亜熱帯モード水（STMW）の物理・生物地球化学的10年規模変動が過去40年間にわたり起きていたことを明らかにした。太平洋十年規模振動（PDO）のwarm phaseから3-4年遅れで起きる黒潮続流の不安定期には、続流周辺における活発な渦活動が続流南の海域におけるSTMWの形成量と塩分をともに低下させる。日本の南の東経137度定線では、続流南側の形成域からのSTMWの西向き移流の減少により、STMWの断面積、溶存酸素、pH、アラドナイト飽和度が減少し、栄養塩と溶存無機炭素が増加する。その中でも特に炭酸系パラメタの変化は、それらの長期トレンドを加速するものである。逆に黒潮続流の安定期には、これらの変化は逆転し、海洋酸性化は減速する。とりわけ、2010年以降続いている現在の黒潮安定期では、酸性化のハイエイタスが生じている。

キーワード：亜熱帯モード水、黒潮続流、十年規模変動、分野横断
Keywords: North Pacific Subtropical Mode Water, Kuroshio Extension, Decadal variability, physical and biogeochemical linkage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋データ同化システムを用いた全球海洋観測システムのインパクト評価
Asessing the impact of the global ocean observing system using ocean data assimilation systems

*藤井 陽介[1]
*Yosuke Fujii[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

全球海洋観測システムによる観測データの重要な利用用途の一つとして、海洋または気候の予測システムがあげられる。それらの予測システムでは、一般に海洋データ同化システムを用いてできるだけ正確な予報開始時の海洋状態を推定し、それを初期値として、海洋、もしくは、大気海洋結合系の将来変動を、数値モデルにより計算する。海洋データ同化システムでは、海洋状態の推定のために海洋観測データが必要であり、それ故、予測の精度は、数値モデルや海洋データ同化システムの性能のほか、同化で利用する観測データの中に、予測のために必要な海洋状態に関する情報がどれだけ含まれるかにも大きく依存する。よって、観測システムの充実も予測精度向上のための重要な要素である。一方、観測システムは公共資金や受益者負担で構築や管理が行われており、その維持・拡充のためには、観測システムにそれに見合う価値があることを示す必要がある。そして、観測データの社会利用の多くは予測システムを通して行われているため、予測システムやデータ同化システムにおける解析や予測の精度に対する観測データのインパクトを評価することは、その観測システムの価値を明らかにする大変有効な方法である。

GODAE OceanView（2019年5月にその活動は、後継プロジェクトOceanPredictに引き継がれる）では、そのプロジェクト開始時より、海洋観測システム評価タスクチームを設置し、観測データのインパクト評価の推進やそのための情報共有・国際協力体制の構築を行ってきた。またその活動はCLIVAR全球統合観測パネル（GSOP）からも継続的に支援されている。気象庁やECMWFなどの現業機関やJAMSTEC、スクリプス海洋研究所など研究機関では､これらの支援のもと、これまでアルゴフロートやTAO-TRITONアレイ、衛星海面高度データなど様々な観測データについてそのインパクト評価を行ってきた。それらは、TAO-TRITONアレイの再構築に向けた評価などに活用されてきたが、その結果のシステム依存性という問題を抱えており、その解決のために複数のシステムでできるだけ統一した指標による評価を行うことの有効性が指摘されている。観測システムの評価に関する近年の成果や課題については、現在執筆中のOceanObs’19に向けたCommunity White Paperでもまとめられる予定である。本発表では、観測システム評価のこれまでの成果をいくつか紹介しつつ、今後の展望について述べる。

キーワード：観測システム評価、海洋データ同化、GODAE OceanView、海洋予測、OceanObs'19
Keywords: Observing System Evaluation, Ocean Data Assimilation, GODAE OceanView, Ocean Prediction, OceanObs'19

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global ocean state estimation with new float observations

*増田 周平[1]、長船 哲史[1]、邉見　忠[1]
*Shuhei Masuda[1], Satoshi Osafune[1], Tadashi Hemmi[1]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Argo floats are successfully contributing to global ocean state estimation. As the important roles of deep ocean to global changes has been recognized, sustainable deep ocean monitoring networks that use autonomous profiling floats have been widely proposed by the ocean observation community. An increasing number of deep-float deployment initiatives around the world. Deployed floats promise to provide unprecedented deep ocean information. Here we applied deep float data deployed by JAMSTEC to a deep ocean state estimation by using a four-dimensional variational approach. The results demonstrate that the available float data enables some corrections of the modeled ocean state locally for each float although the impact of the data on a basin-scale deep ocean state estimation was still limited in this study due to sparseness of used float data. This implies strategic deployments of deep float in the world’s ocean can immediately contribute to improvement of a current global deep ocean state estimation.

キーワード：海洋観測、全球、データ同化
Keywords: Ocean Observation, Global, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

[AOS20-P01] **深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて**

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

[AOS20-P02] Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P03] 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出

*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P04] **Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data**

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AOS20-P05] **Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.**

*Tong Wang[1]、Toshio Suga[1,2]、Shinya Kouketsu[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

[AOS20-P06] ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3] (1.JAMSTEC、2.CMRE、3.東京大学、4.ELNA)

[AOS20-P07] Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.モントレー湾水族館研究所、4.ノースカロライナ州立大学、5.東京大学)

深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて

Fresh bias with pressure dependency at the measurements of SBE 41CP for deep float

*小林 大洋[1]
*Taiyo Kobayashi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年、深海アルゴの構築に向けて、深海用フロートの展開が国際的に進められている。深海における水温や塩分などの変化は、表層と比べてずっと小さいため、深海用フロートに求められる観測精度は、これまでよりも高いものが要求される。海洋研究開発機構は、鶴見精機と共同で開発した深海用フロートDeep NINJAを2019年1月末現在までに28台投入した。このうち20台については、データ精度の検証のため投入に併せて観測船によるCTD観測を行っている。本研究では観測データの品質評価の可能な18台分について解析を行った。

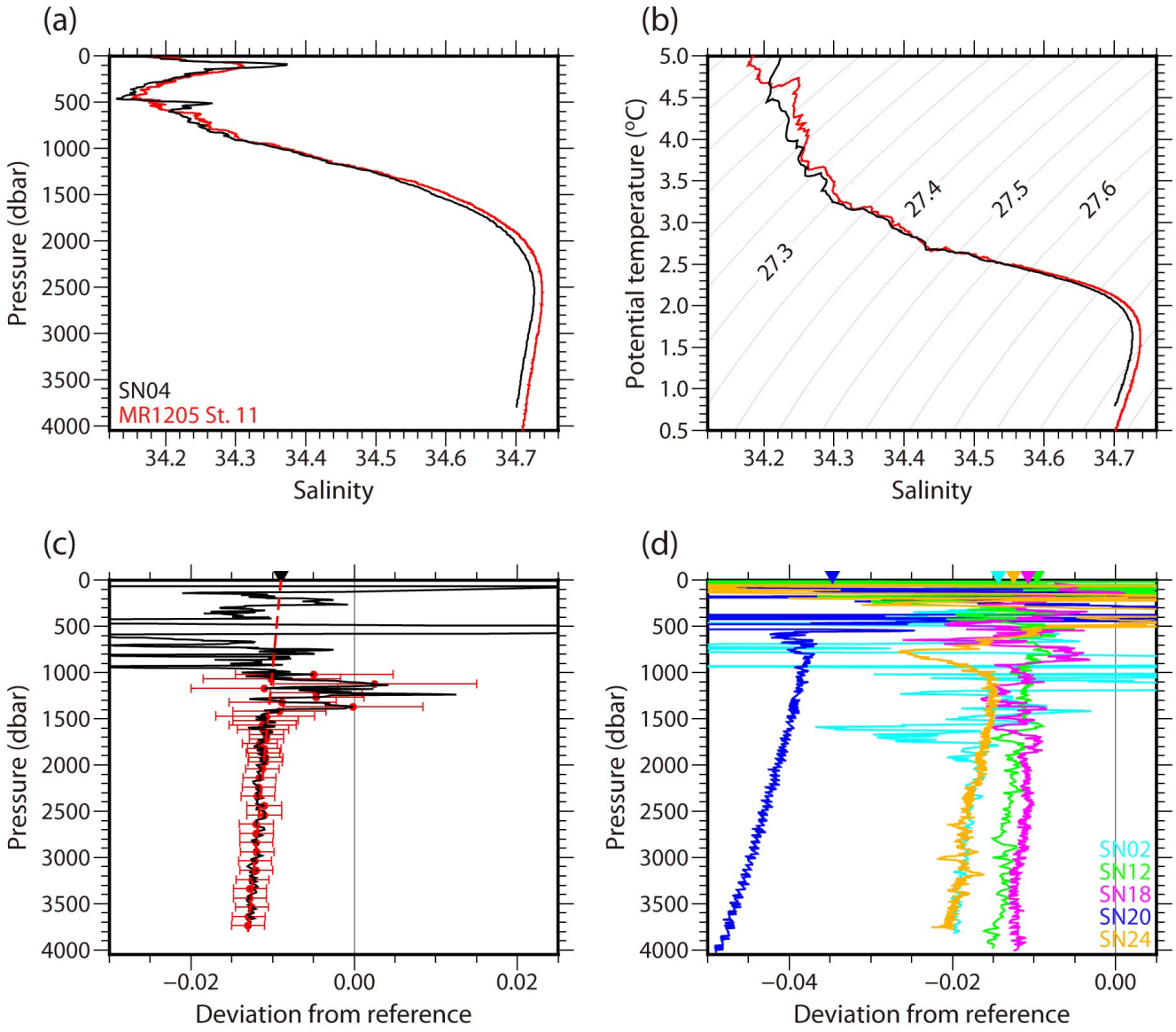
図１はSN4が観測した最初のプロファイルを観測船「みらい」のCTDデータと比較したものである。フロートの塩分観測値が船舶データよりも低いことは明らかだが、そのバイアスは圧力に比例して増加していくことが分かる。このような特徴は他のフロートにおいても認められる。

そこで塩分バイアスを$S = S_{offset} + a_p \, x \, p$ (p：圧力)と表すと、その結果は以下のようにまとめられる。検証可能な18台全てで2000m以深に負の塩分バイアスがあることを示しており、その値が-0.01を超えるものが14台と、大半を占める。圧力依存性の大きさを示すa_pは例外なく負であり、これにより塩分は1000 dbarあたり平均で-0.0015程度低下していく。また海面で予想される塩分バイアスS_{offset}もほとんどのフロートで負であり、メーカーによる公称精度（±0.01）を満たすものは2台に過ぎない。S_{offset}はセンサ検定時とほぼ同じ状況で得られていると考えられるから、この問題はかなり深刻である。また、a_pが小さいものほどS_{offset}も小さくなるという関係が得られている。このことはこの問題が同一の原因から生じていることを示唆する。

この圧力依存性を持つ低塩バイアスの原因として、Deep NINJAが搭載している深海フロート用SBE41CP CTDセンサの電気伝導度計測セルの圧力による変形の補正が不十分であることが疑われる。Sea-Bird社では、計測セルをホウ珪酸ガラスPyrex®製の一重セルと仮定し、その物理特性から予想される変形に基づいて補正係数を与えている。しかしながら実際の計測セルは、Pyrex®製セルをポリウレタンで覆う二重構造であるから、二重セルの内側セルとしてのPyrex®製セルの変形に基づいた補正係数でなければならない。そこで単純な円筒構造を持つ二重セルを仮定し、周囲から一様の圧力がかかる場合の変形を計算した。その結果、内側セルの変形は想定されているものよりも大きく、現在のSBE41CPの設定では、塩分観測値に負の圧力依存性($a_p < 0$)が発生することを定性的に説明することができる。またフロートが深海に沈降した際、高圧・低温下で圧縮されたポリウレタンが硬化することが考えられる。そのため、フロートが浮上しつつ水圧から解放されても、外側セルが内側セルに内部応力を通じて圧をかけるため内側セルの内径は縮み、全長は伸びる。これにより$S_{offset} < 0$となる。このような計測セルの変質はDeep NINJAの最初の(深海への)沈降の際に生じるため、メーカーにより精密に調整されているにも拘わらずほぼ全てのSBE41CP CTDセンサに低塩バイアスが生じたものと考えられる。

キーワード：深海アルゴ、塩分観測
Keywords: Deep Argo, salinity measurements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2]
*Yuma Kawakami[1,2], Yoshiteru Kitamura[1], Toshiya Nakano[1,2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

Recently, long-term thermohaline changes in the surface and subsurface of the world ocean, such as the global warming and the intensification of salinity contrast between basins or regions, are continuously reported. Since changes of temperature and salinity greatly influence not only the density-driven geostrophic ocean circulation but also the marine ecosystem, sea levels and climates, monitoring of the ocean variations and understandings of those mechanisms are important.

Numerous scientific knowledges about thermohaline variations in the subsurface and intermediate layers of the North Pacific subtropical gyre including significant freshening in the thermocline/halocline and fluctuation in a decadal timescale were given by previous researches. However, many of them described in the western part of the subtropical gyre, and studies in its central part have been more limited partially due to the lack of data even though large scale atmospheric forcing generates great long-term thermohaline variations in there. Since thermohaline anomalies in the central North Pacific are mostly transported to the west by the Rossby waves or subsurface water masses flowing along the anticyclonic geostrophic circulation, examinations in the central subtropical gyre may be helpful for better understandings of thermohaline variations in the whole North Pacific.

In this study, we analyzed the repeat hydrography along the 165°E meridian maintained by Japan Meteorological Agency since 1996 to examine long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre. As a result, in the subsurface of the southern part of the subtropical gyre corresponding to North Pacific Tropical Water (NPTW) characterized as the salinity maximum, a significant incresing salinity trend was detected. In this region, potential temperature and salinity also performed an inter-annual variation. On the other hand, in the greater part of the main thermocline/halocline, a significant decreasing trend was observed. In addition, potential temperature and salinity clearly fluctuated in a decadal timescale.

Causes of these variations were further investigated. Then we confirmed that variations in the subsruface around NPTW were originated in the surface mixed layer in the western part of its formation region to the east of the 165°E meridian by temporal changes of freshwater flux and eddy diffusion, and anomalies were transported by the westward geostrophic flow, as demonstrated by previous studies. We also found that thermohaline anomalies in the intermediate layers around the main thermocline/halocline derived from variations of winter mixed layer properties in the central North Pacific. A long-term variation of mixed layer temperature caused by changes of winter atmospheric forcing induced meridional migrations of isopycnal outcrops and thermohaline anomalies on there. Such anomalies were widely distributed to the subtropical gyre by mode waters such as North Pacific Subtropical Mode Water (STMW) in a few years.

キーワード：海洋観測定線、長期変化、十年規模変動
Keywords: Repeat hydrography, Long-term changes, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出
First detection of chlorofluorocarbons into bottom layer in the Melanesian Basin of the North Pacific

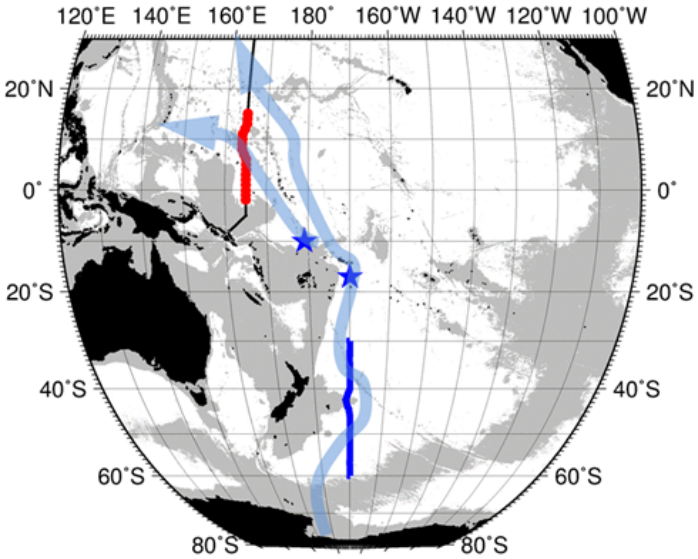
*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2]
*Toshiya NAKANO[1], Kazutaka ENYO[1], Daisuke SASANO[1], Shogo URAKAWA[2], Hiroyuki TSUJINO[2], Hideyuki NAKANO[2], Masao ISHII[2]

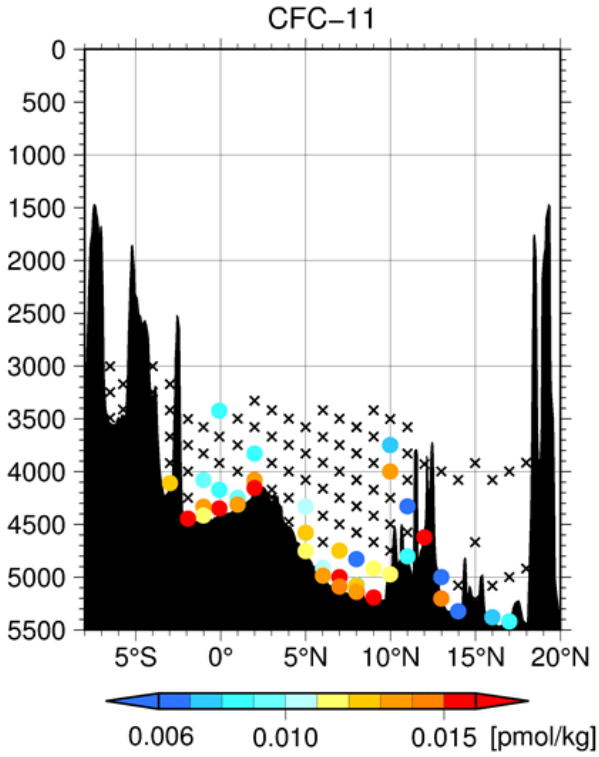
1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

フロン類は、人工的に合成され、もともと自然界には存在しなかった化学物質である。海水中のフロン濃度は、多くの水塊の形成率の評価や、形成域で沈み込んでからの経過時間の分布の解明に利用されてきた。また、底層のフロン類の観測は、底層水の移流・拡散経路の解明に有効である。気象庁は、2018年8月6日–9月27日に「凌風丸」で東経165度に沿ったWOCE（World Ocean Circulation Experiment）-P13測線のGO-SHIP（Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigation Program）再観測を行った。この観測においては、CFC-11、-12、-113の測定も行い、17°N–3°Sのメラネシア海盆内の底層付近において、検出下限（0.006±0.0011 pmol/kg）を超えるCFC-11の検出に初めて成功した。この結果は、南大洋で沈み込んだ下部周極底層水が、サモア水路を通り、赤道を越えて北太平洋のメラネシア海盆に到達したことを示している。南太平洋におけるWOCEとGO-SHIPの高精度の歴史的データと合わせて見積った海底付近のCFC-11の移流速度は、約1　cm/sec （315km/年）であった。この結果と気象研究所のCMIP６／OMIP数値モデリングの結果は、良く対応している。今回得られた結果は、太平洋の熱塩循環の理解と、地球温暖化の将来予測のための地球システムモデルの検証や高度化に貢献する。

キーワード：気象庁東経165度線、メラネシア海盆、フロン類、底層水
Keywords: JMA 165°E section, Melanesian Basin, chlorofluorocarbons, bottom water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data

*細田 滋毅[1]
*Shigeki Hosoda[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Marine-Earth Science and Technology

About twenty years have been passed since when Argo programme started in 1999, over 3500 active Argo floats are working to measure temperature and salinity in the upper ocean, accumulating over 2 million profiles. As the situation enables us to construct gridded temperature and salinity data set in the global ocean to be easier, variable kinds of 3-dimensional gridded data set based on purely Argo and Argo plus other observational data are produced from many institutes to investigate global changes in climate and ocean environment.

JAMSTEC produces quasi-real time gridded objective mappings of Argo, MOAA GPV for temperature and salinity fields, and MILA GPV for mixed layer depth every month or 10 days. Those data set are widely used not only to directly analyze the data set but also to validate the state estimate based on data assimilation. The data and its error from MOAA GPV are effectively informed to evaluate representation of temperature and salinity fields, which makes it possible to improve the data assimilation to be more elaborated for accurate analyses of changes in climate and ocean environment. While MILA GPV is produced with characteristics of Argo profiling float which has finer vertical resolution with horizontally homogeneous distribution. That enables us to capture detailed distribution of surface layer mixed layer depth, rapidly progressing physical and biogeochemical researches related to mixed layer variability.

In the future, the objective mapping will be more accurate and useful if the Core Argo array is sustained to obtain long-term statistical characteristics of the upper ocean temperature and salinity. Further, it is expected that improved mapping of physical and biogeochemical parameters will be developed when huge amount of measurement of temperature and salinity in deeper ocean than 2000 m and biogeochemical parameters, with the Deep and BGC Argo arrays.

キーワード：アルゴ、全球海洋、格子化データ
Keywords: Argo, global ocean, gridded data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.

*Tong Wang[1], Toshio Suga[1,2], Shinya Kouketsu[2]

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

Under the background of climate changes, long-term trends and interannual to decadal variations of water masses have been discovered in recent studies. However, how they evolved in space and time is still not fully investigated, partly due to the insufficiency of observation. With spatially and temporally unbiased data available through Argo floats recently, this study describes three-dimensional evolutions of water mass anomalies during 2004-2015, focusing on three typical water masses in the upper North Pacific: North Pacific Subtropical Mode Water (STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), and North Pacific Central Mode Water (CMW).

In order to preserve the water mass characteristics as much as possible, the analysis in this study is mainly on neutral density surfaces, along which the advection and mixing of water masses dominantly occur. Because of the compensation between temperature and salinity on isopycnal surfaces, this study mainly investigates salinity as a proxy of spiciness. The main results are listed as follows:

In STMW:
The temporal variations of spiciness are dominated by interannual or longer variations. There is a long-term freshening trend at 0.005/year generally as well as strong decadal variations. The former is related to global warming; the latter are caused by the decadal variations of Kuroshio Extension path stability. These anomalies show rapid southwestward propagations in STMW, and the directions can be explained by geostrophic currents, but the propagation speed are 2-3 times higher than geostrophic currents, which indicates other processes involved. The origins of anomalies are most likely to be the STMW formation region. Another possible origin is found in the subtropics of the central North Pacific through statistical analysis, which needs further verification and explanation. Strikingly, the Eulerian temporal changes of spiciness are preserved well during the large distance propagation, implying the existence and persistence of large-scale spiciness fronts.

In ESTMW:
The temporal variability of ESTMW is higher than STMW and CMW, and interannual or longer variations are dominant. The long-term trend in northeastern ESTMW shows freshening, while the southwestern ESTMW is in salinification. There is an obvious 5-6-year oscillation cycle. The anomalies shift between positive and negative rapidly at the ESTMW formation region, spread to the whole ESTMW along its subduction path in each period, and propagate southwestward to the central subtropics and the western tropics by geostrophic flow.

In CMW:
Both spiciness and its total variations are smaller than the other two water masses, but the seasonal variations are higher, being comparable with interannual or longer variations in the northern CMW. With regard to trends, the northern CMW is in salinification, with the anomalies propagating eastward on both monthly scale and annual mean. However, the majority of CMW shows freshening almost uniformly, with weak but recognizable southward propagations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In conclusion, this study provides a comprehensive description of the evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific for the first time. The regional variations that have been found by limited observations are confirmed and complemented with three-dimensional presentations. The evolutions occurred in earlier years and documented by previous studies are updated by the present analysis. Furthermore, the new phenomena that should be investigated in future are also raised.

Keywords: Argo float data, Subtropical Mode Water, Eastern Subtropical Mode Water, Central Mode Water, Spiciness anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

Impacts of temperature measurements from sea turtles on seasonal prediction around the Arafura Sea

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3]
*Takeshi Doi[1], Andrea Storto[2], Takuya Fukuoka[3], Hiroyuki Suganuma[4], Katsufumi Sato[3]

1. JAMSTEC、2. CMRE、3. 東京大学、4. ELNA
1. JAMSTEC, 2. CMRE, 3. The University of Tokyo, 4. ELNA

JAMSTECアプリケーションラボで運用しているSINTEX-F2-3DVAR季節予測システムの初期値作成スキームでは、ARGO、係留ブイ、船舶観測などから得られる海洋3次元の水温/塩分のプロファイルデータ(UK Met. EN4データ)を3DVARで同化している(Doi et al. 2017, JC)。海洋亜表層観測の持続的な展開の重要性は指摘されているものの、そのコストが高く、時空間的に必要充分な観測網の設計には多様な議論がされている。そのような状況下で、バイオロギング、すなわち海洋を3次元的に餌探索している魚類・ウミガメ類・海生哺乳類たちに小型の記録計を取り付けることで、海洋観測を行う手法が注目されている。バイオロギングとその利活用を向上させることを目指すCREST研究課題「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ機構」(研究代表者:佐藤克文)では、2017年6月に、インドネシアの西パプア州バードヘッド半島の海岸に産卵上陸するヒメウミガメ５頭に、人工衛星対応型電波発信器を搭載した。その後、ウミガメ5頭は島を迂回して南下し、アラフラ海に入り、そこで潜水を繰り返した。本研究では、ウミガメから送られてくる深度・水温プロファイルデータを季節予測モデル(SINTEX-F2-3DVAR)に初期値として取り込み、2017年8月以降の予測へのインパクトを調べた。

キーワード：季節予測、バイオロギング、アラフラ海
Keywords: Seasonal prediction, Biologging, Arafura Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5]
*Chiho Sukigara[1], Ryuichiro Inoue[2], Takeyoshi Nagai[1], Andrea J Fassbender[3], Yuichiro Takeshita[3], Stuart P Bishop[4], Eitarou Oka[5]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. モントレー湾水族館研究所、4. ノースカロライナ州立大学、5. 東京大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Monterey Bay Aquarium Research Institute, 4. North Carolina State University, 5. The University of Tokyo

In a subtropical region south of the Kuroshio Extension (KE) in the Western North Pacific, large ocean heat loss in the surface layer during winter makes a deep mixed layer. Then, a part of CO_2 dissolved from air to surface ocean is transformed to particulate organic matters via photosynthesis using nutrients which are supplied from deeper layer. Eventually particulate organic matters are transported to deeper layer. In this oligotrophic region, winter mixing is a critical process to supply nutrients to the euphotic zone, which supports high chlorophyll concentrations in early spring are clearly seen by satellite observations. Therefore, it is important to understand effects of nutrient transports by physical processes on biogeochemical material transport and cycle in this period. However, there are few physical and biogeochemical data during winter in this region because of the difficult circumstances in observation.

In this study, we deployed two biogeochemical Argo (BGC-Argo) floats in 33°15’ N, 142°30’ E on January 28th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-1 cruise and recovered them in 35°31’ N, 143°11’ E and 35°43’ N, 143°29’ E on April 20th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-4 cruise. During these two cruises, CTD observations and water samplings were conducted to validate sensors (temperature, salinity, oxygen, chlorophyll, nitrate, and backscatter) attached to floats. BGC-Argos observed 82 profiles from 2000 m depth to the surface every day.

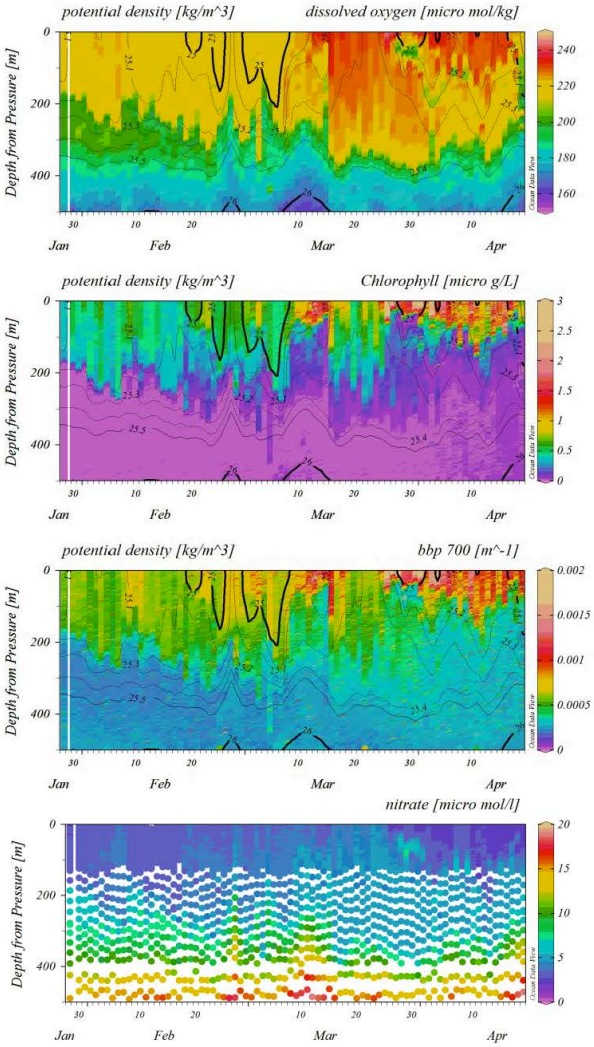
Those floats were kept staying around the deployment position for a month, then moved to southwestward in the middle of March, and were to northward near KE until the recovery. In the first half of the observation period, intermittent mixed layer deepening and subsequent restratification were repeated in the top 300 m depth. High chlorophyll concentrations and backscatter values were observed in the surface layer when upper layers were stratified. After March 17th, oxygen concentration increased, nitrate concentration decreased, and chlorophyll concentration and back scatter value were stable in the subsurface (100 to 300 m). After that, oxygen concentration, chlorophyll concentrations and back scatter values increased (nitrate decreased) coincided with stratification in the surface layer until April 2nd. In the subsurface layer, chlorophyll concentration and back scatter value decreased suddenly, which might mean that biogenic particulate organic matters transported by the deep mixing were quickly decomposed in the layer. Furthermore, a water with low oxygen and high nitrate intruded in the layer 50 to 100 m around March 30th. The origin of this water would be relative deeper layer because of low chlorophyll concentration and back scatter values.

The BGC-Argo observation in the south of KE for three months revealed that physical processes with various time scales in the surface layer from winter to spring affect the primary productivity of phytoplankton and the material distribution.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：BGCアルゴフロート、春季再成層化、生物応答、物質輸送
Keywords: BGC-Argo, Spring restratification, biological response, material transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-OS 海洋科学・海洋環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

コンビーナ:細田 滋毅(国立研究開発法人海洋研究開発機構)、増田 周平(国立研究開発法人　海洋研究開発機構)、藤井 陽介(気象庁気象研究所)、藤木 徹一(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

[AOS20-P01] **深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて**

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

[AOS20-P02] Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P03] 北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出

*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2] (1.気象庁、2.気象研究所)

[AOS20-P04] **Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data**

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[AOS20-P05] **Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.**

*Tong Wang[1]、Toshio Suga[1,2]、Shinya Kouketsu[2] (1.Graduate School of Science, Tohoku University、2.Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC)

[AOS20-P06] ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3] (1.JAMSTEC、2.CMRE、3.東京大学、4.ELNA)

[AOS20-P07] Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5] (1.東京海洋大学、2.海洋研究開発機構、3.モントレー湾水族館研究所、4.ノースカロライナ州立大学、5.東京大学)

深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて

Fresh bias with pressure dependency at the measurements of SBE 41CP for deep float

*小林 大洋[1]
*Taiyo Kobayashi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年、深海アルゴの構築に向けて、深海用フロートの展開が国際的に進められている。深海における水温や塩分などの変化は、表層と比べてずっと小さいため、深海用フロートに求められる観測精度は、これまでよりも高いものが要求される。海洋研究開発機構は、鶴見精機と共同で開発した深海用フロートDeep NINJAを2019年1月末現在までに28台投入した。このうち20台については、データ精度の検証のため投入に併せて観測船によるCTD観測を行っている。本研究では観測データの品質評価の可能な18台分について解析を行った。

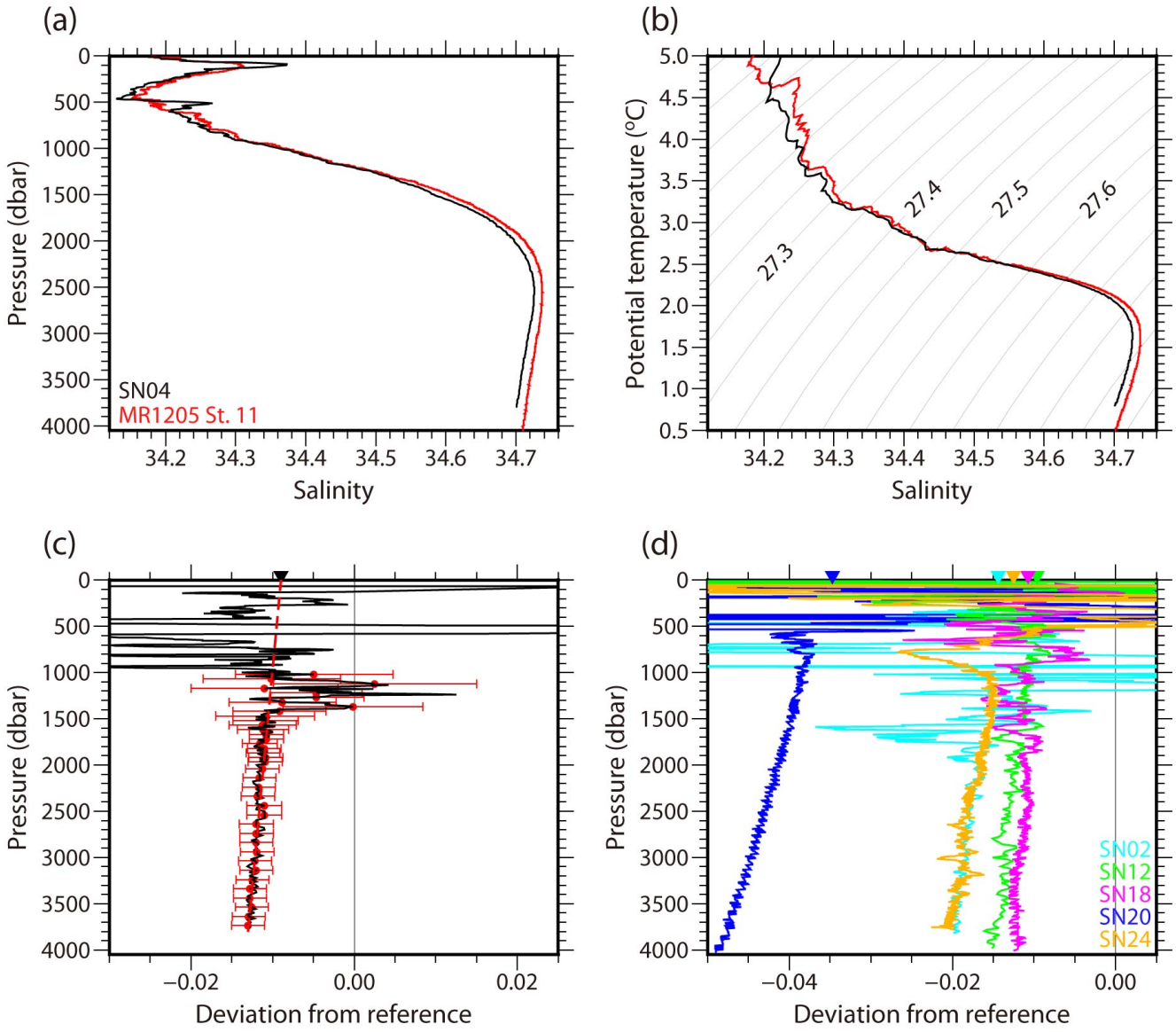
図１はSN4が観測した最初のプロファイルを観測船「みらい」のCTDデータと比較したものである。フロートの塩分観測値が船舶データよりも低いことは明らかだが、そのバイアスは圧力に比例して増加していくことが分かる。このような特徴は他のフロートにおいても認められる。

そこで塩分バイアスを$S = S_{offset} + a_p \, x \, p$ (p：圧力)と表すと、その結果は以下のようにまとめられる。検証可能な18台全てで2000m以深に負の塩分バイアスがあることを示しており、その値が-0.01を超えるものが14台と、大半を占める。圧力依存性の大きさを示すa_pは例外なく負であり、これにより塩分は1000 dbarあたり平均で-0.0015程度低下していく。また海面で予想される塩分バイアスS_{offset}もほとんどのフロートで負であり、メーカーによる公称精度（±0.01）を満たすものは2台に過ぎない。S_{offset}はセンサ検定時とほぼ同じ状況で得られていると考えられるから、この問題はかなり深刻である。また、a_pが小さいものほどS_{offset}も小さくなるという関係が得られている。このことはこの問題が同一の原因から生じていることを示唆する。

この圧力依存性を持つ低塩バイアスの原因として、Deep NINJAが搭載している深海フロート用SBE41CP CTDセンサの電気伝導度計測セルの圧力による変形の補正が不十分であることが疑われる。Sea-Bird社では、計測セルをホウ珪酸ガラスPyrex®製の一重セルと仮定し、その物理特性から予想される変形に基づいて補正係数を与えている。しかしながら実際の計測セルは、Pyrex®製セルをポリウレタンで覆う二重構造であるから、二重セルの内側セルとしてのPyrex®製セルの変形に基づいた補正係数でなければならない。そこで単純な円筒構造を持つ二重セルを仮定し、周囲から一様の圧力がかかる場合の変形を計算した。その結果、内側セルの変形は想定されているものよりも大きく、現在のSBE41CPの設定では、塩分観測値に負の圧力依存性($a_p < 0$)が発生することを定性的に説明することができる。またフロートが深海に沈降した際、高圧・低温下で圧縮されたポリウレタンが硬化することが考えられる。そのため、フロートが浮上しつつ水圧から解放されても、外側セルが内側セルに内部応力を通じて圧をかけるため内側セルの内径は縮み、全長は伸びる。これにより$S_{offset} < 0$となる。このような計測セルの変質はDeep NINJAの最初の(深海への)沈降の際に生じるため、メーカーにより精密に調整されているにも拘わらずほぼ全てのSBE41CP CTDセンサに低塩バイアスが生じたものと考えられる。

キーワード：深海アルゴ、塩分観測
Keywords: Deep Argo, salinity measurements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre observed by repeat hydrography along the 165°E meridian

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2]
*Yuma Kawakami[1,2], Yoshiteru Kitamura[1], Toshiya Nakano[1,2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

Recently, long-term thermohaline changes in the surface and subsurface of the world ocean, such as the global warming and the intensification of salinity contrast between basins or regions, are continuously reported. Since changes of temperature and salinity greatly influence not only the density-driven geostrophic ocean circulation but also the marine ecosystem, sea levels and climates, monitoring of the ocean variations and understandings of those mechanisms are important.

Numerous scientific knowledges about thermohaline variations in the subsurface and intermediate layers of the North Pacific subtropical gyre including significant freshening in the thermocline/halocline and fluctuation in a decadal timescale were given by previous researches. However, many of them described in the western part of the subtropical gyre, and studies in its central part have been more limited partially due to the lack of data even though large scale atmospheric forcing generates great long-term thermohaline variations in there. Since thermohaline anomalies in the central North Pacific are mostly transported to the west by the Rossby waves or subsurface water masses flowing along the anticyclonic geostrophic circulation, examinations in the central subtropical gyre may be helpful for better understandings of thermohaline variations in the whole North Pacific.

In this study, we analyzed the repeat hydrography along the 165°E meridian maintained by Japan Meteorological Agency since 1996 to examine long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre. As a result, in the subsurface of the southern part of the subtropical gyre corresponding to North Pacific Tropical Water (NPTW) characterized as the salinity maximum, a significant incresing salinity trend was detected. In this region, potential temperature and salinity also performed an inter-annual variation. On the other hand, in the greater part of the main thermocline/halocline, a significant decreasing trend was observed. In addition, potential temperature and salinity clearly fluctuated in a decadal timescale.

Causes of these variations were further investigated. Then we confirmed that variations in the subsruface around NPTW were originated in the surface mixed layer in the western part of its formation region to the east of the 165°E meridian by temporal changes of freshwater flux and eddy diffusion, and anomalies were transported by the westward geostrophic flow, as demonstrated by previous studies. We also found that thermohaline anomalies in the intermediate layers around the main thermocline/halocline derived from variations of winter mixed layer properties in the central North Pacific. A long-term variation of mixed layer temperature caused by changes of winter atmospheric forcing induced meridional migrations of isopycnal outcrops and thermohaline anomalies on there. Such anomalies were widely distributed to the subtropical gyre by mode waters such as North Pacific Subtropical Mode Water (STMW) in a few years.

キーワード：海洋観測定線、長期変化、十年規模変動
Keywords: Repeat hydrography, Long-term changes, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出
First detection of chlorofluorocarbons into bottom layer in the Melanesian Basin of the North Pacific

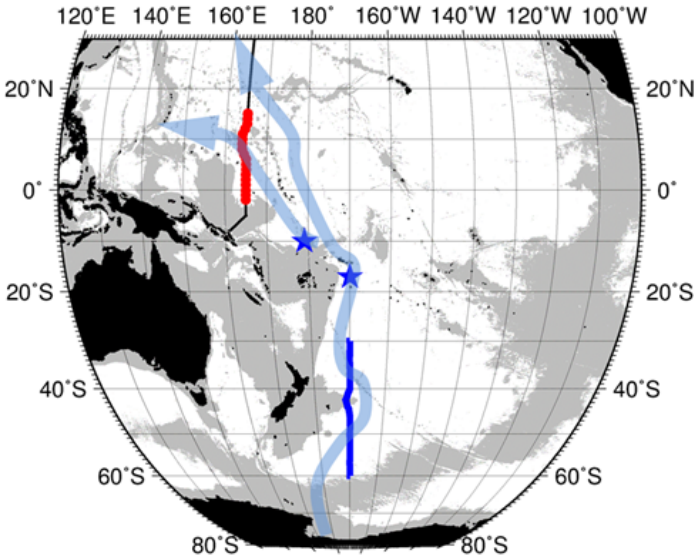
*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2]
*Toshiya NAKANO[1], Kazutaka ENYO[1], Daisuke SASANO[1], Shogo URAKAWA[2], Hiroyuki TSUJINO[2], Hideyuki NAKANO[2], Masao ISHII[2]

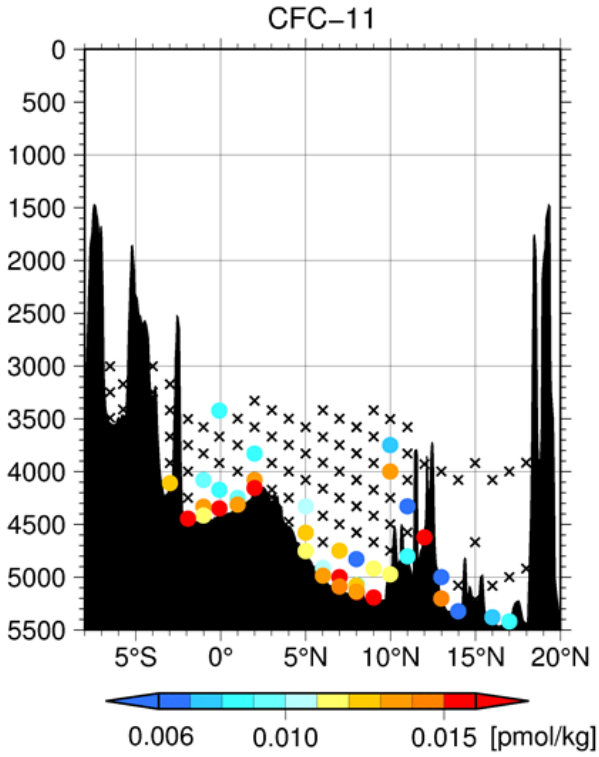
1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

フロン類は、人工的に合成され、もともと自然界には存在しなかった化学物質である。海水中のフロン濃度は、多くの水塊の形成率の評価や、形成域で沈み込んでからの経過時間の分布の解明に利用されてきた。また、底層のフロン類の観測は、底層水の移流・拡散経路の解明に有効である。気象庁は、2018年8月6日–9月27日に「凌風丸」で東経165度に沿ったWOCE（World Ocean Circulation Experiment）-P13測線のGO-SHIP（Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigation Program）再観測を行った。この観測においては、CFC-11、-12、-113の測定も行い、17°N–3°Sのメラネシア海盆内の底層付近において、検出下限（0.006±0.0011 pmol/kg）を超えるCFC-11の検出に初めて成功した。この結果は、南大洋で沈み込んだ下部周極底層水が、サモア水路を通り、赤道を越えて北太平洋のメラネシア海盆に到達したことを示している。南太平洋におけるWOCEとGO-SHIPの高精度の歴史的データと合わせて見積った海底付近のCFC-11の移流速度は、約1　cm/sec （315km/年）であった。この結果と気象研究所のCMIP６／OMIP数値モデリングの結果は、良く対応している。今回得られた結果は、太平洋の熱塩循環の理解と、地球温暖化の将来予測のための地球システムモデルの検証や高度化に貢献する。

キーワード：気象庁東経165度線、メラネシア海盆、フロン類、底層水
Keywords: JMA 165°E section, Melanesian Basin, chlorofluorocarbons, bottom water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data

*細田 滋毅[1]
*Shigeki Hosoda[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Marine-Earth Science and Technology

About twenty years have been passed since when Argo programme started in 1999, over 3500 active Argo floats are working to measure temperature and salinity in the upper ocean, accumulating over 2 million profiles. As the situation enables us to construct gridded temperature and salinity data set in the global ocean to be easier, variable kinds of 3-dimensional gridded data set based on purely Argo and Argo plus other observational data are produced from many institutes to investigate global changes in climate and ocean environment.

JAMSTEC produces quasi-real time gridded objective mappings of Argo, MOAA GPV for temperature and salinity fields, and MILA GPV for mixed layer depth every month or 10 days. Those data set are widely used not only to directly analyze the data set but also to validate the state estimate based on data assimilation. The data and its error from MOAA GPV are effectively informed to evaluate representation of temperature and salinity fields, which makes it possible to improve the data assimilation to be more elaborated for accurate analyses of changes in climate and ocean environment. While MILA GPV is produced with characteristics of Argo profiling float which has finer vertical resolution with horizontally homogeneous distribution. That enables us to capture detailed distribution of surface layer mixed layer depth, rapidly progressing physical and biogeochemical researches related to mixed layer variability.

In the future, the objective mapping will be more accurate and useful if the Core Argo array is sustained to obtain long-term statistical characteristics of the upper ocean temperature and salinity. Further, it is expected that improved mapping of physical and biogeochemical parameters will be developed when huge amount of measurement of temperature and salinity in deeper ocean than 2000 m and biogeochemical parameters, with the Deep and BGC Argo arrays.

キーワード：アルゴ、全球海洋、格子化データ
Keywords: Argo, global ocean, gridded data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.

*Tong Wang[1], Toshio Suga[1,2], Shinya Kouketsu[2]

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

Under the background of climate changes, long-term trends and interannual to decadal variations of water masses have been discovered in recent studies. However, how they evolved in space and time is still not fully investigated, partly due to the insufficiency of observation. With spatially and temporally unbiased data available through Argo floats recently, this study describes three-dimensional evolutions of water mass anomalies during 2004-2015, focusing on three typical water masses in the upper North Pacific: North Pacific Subtropical Mode Water (STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), and North Pacific Central Mode Water (CMW).

In order to preserve the water mass characteristics as much as possible, the analysis in this study is mainly on neutral density surfaces, along which the advection and mixing of water masses dominantly occur. Because of the compensation between temperature and salinity on isopycnal surfaces, this study mainly investigates salinity as a proxy of spiciness. The main results are listed as follows:

In STMW:
The temporal variations of spiciness are dominated by interannual or longer variations. There is a long-term freshening trend at 0.005/year generally as well as strong decadal variations. The former is related to global warming; the latter are caused by the decadal variations of Kuroshio Extension path stability. These anomalies show rapid southwestward propagations in STMW, and the directions can be explained by geostrophic currents, but the propagation speed are 2-3 times higher than geostrophic currents, which indicates other processes involved. The origins of anomalies are most likely to be the STMW formation region. Another possible origin is found in the subtropics of the central North Pacific through statistical analysis, which needs further verification and explanation. Strikingly, the Eulerian temporal changes of spiciness are preserved well during the large distance propagation, implying the existence and persistence of large-scale spiciness fronts.

In ESTMW:
The temporal variability of ESTMW is higher than STMW and CMW, and interannual or longer variations are dominant. The long-term trend in northeastern ESTMW shows freshening, while the southwestern ESTMW is in salinification. There is an obvious 5-6-year oscillation cycle. The anomalies shift between positive and negative rapidly at the ESTMW formation region, spread to the whole ESTMW along its subduction path in each period, and propagate southwestward to the central subtropics and the western tropics by geostrophic flow.

In CMW:
Both spiciness and its total variations are smaller than the other two water masses, but the seasonal variations are higher, being comparable with interannual or longer variations in the northern CMW. With regard to trends, the northern CMW is in salinification, with the anomalies propagating eastward on both monthly scale and annual mean. However, the majority of CMW shows freshening almost uniformly, with weak but recognizable southward propagations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In conclusion, this study provides a comprehensive description of the evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific for the first time. The regional variations that have been found by limited observations are confirmed and complemented with three-dimensional presentations. The evolutions occurred in earlier years and documented by previous studies are updated by the present analysis. Furthermore, the new phenomena that should be investigated in future are also raised.

Keywords: Argo float data, Subtropical Mode Water, Eastern Subtropical Mode Water, Central Mode Water, Spiciness anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ウミガメデータを同化した季節予測実験~2017年のアラフラ海から豪州北部沿岸の予測~

Impacts of temperature measurements from sea turtles on seasonal prediction around the Arafura Sea

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3]
*Takeshi Doi[1], Andrea Storto[2], Takuya Fukuoka[3], Hiroyuki Suganuma[4], Katsufumi Sato[3]

1. JAMSTEC、2. CMRE、3. 東京大学、4. ELNA
1. JAMSTEC, 2. CMRE, 3. The University of Tokyo, 4. ELNA

JAMSTECアプリケーションラボで運用しているSINTEX-F2-3DVAR季節予測システムの初期値作成スキームでは、ARGO、係留ブイ、船舶観測などから得られる海洋3次元の水温/塩分のプロファイルデータ(UK Met. EN4データ)を3DVARで同化している(Doi et al. 2017, JC)。海洋亜表層観測の持続的な展開の重要性は指摘されているものの、そのコストが高く、時空間的に必要充分な観測網の設計には多様な議論がされている。そのような状況下で、バイオロギング、すなわち海洋を3次元的に餌探索している魚類・ウミガメ類・海生哺乳類たちに小型の記録計を取り付けることで、海洋観測を行う手法が注目されている。バイオロギングとその利活用を向上させることを目指すCREST研究課題「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ機構」(研究代表者:佐藤克文)では、2017年6月に、インドネシアの西パプア州バードヘッド半島の海岸に産卵上陸するヒメウミガメ５頭に、人工衛星対応型電波発信器を搭載した。その後、ウミガメ5頭は島を迂回して南下し、アラフラ海に入り、そこで潜水を繰り返した。本研究では、ウミガメから送られてくる深度・水温プロファイルデータを季節予測モデル(SINTEX-F2-3DVAR)に初期値として取り込み、2017年8月以降の予測へのインパクトを調べた。

キーワード：季節予測、バイオロギング、アラフラ海
Keywords: Seasonal prediction, Biologging, Arafura Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5]
*Chiho Sukigara[1], Ryuichiro Inoue[2], Takeyoshi Nagai[1], Andrea J Fassbender[3], Yuichiro Takeshita[3], Stuart P Bishop[4], Eitarou Oka[5]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. モントレー湾水族館研究所、4. ノースカロライナ州立大学、5. 東京大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Monterey Bay Aquarium Research Institute, 4. North Carolina State University, 5. The University of Tokyo

In a subtropical region south of the Kuroshio Extension (KE) in the Western North Pacific, large ocean heat loss in the surface layer during winter makes a deep mixed layer. Then, a part of CO_2 dissolved from air to surface ocean is transformed to particulate organic matters via photosynthesis using nutrients which are supplied from deeper layer. Eventually particulate organic matters are transported to deeper layer. In this oligotrophic region, winter mixing is a critical process to supply nutrients to the euphotic zone, which supports high chlorophyll concentrations in early spring are clearly seen by satellite observations. Therefore, it is important to understand effects of nutrient transports by physical processes on biogeochemical material transport and cycle in this period. However, there are few physical and biogeochemical data during winter in this region because of the difficult circumstances in observation.

In this study, we deployed two biogeochemical Argo (BGC-Argo) floats in 33°15’ N, 142°30’ E on January 28th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-1 cruise and recovered them in 35°31’ N, 143°11’ E and 35°43’ N, 143°29’ E on April 20th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-4 cruise. During these two cruises, CTD observations and water samplings were conducted to validate sensors (temperature, salinity, oxygen, chlorophyll, nitrate, and backscatter) attached to floats. BGC-Argos observed 82 profiles from 2000 m depth to the surface every day.

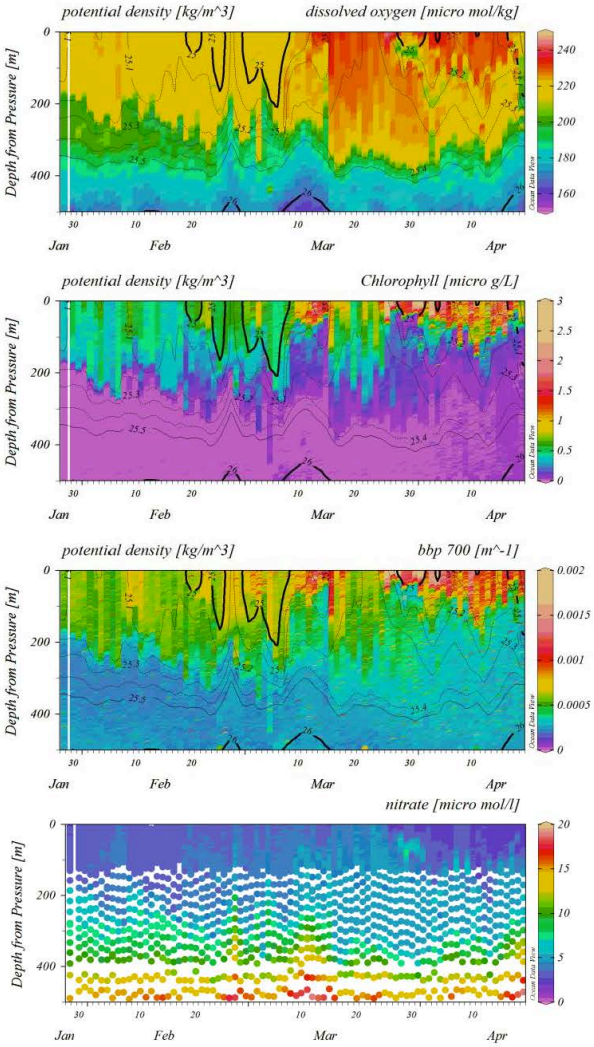
Those floats were kept staying around the deployment position for a month, then moved to southwestward in the middle of March, and were to northward near KE until the recovery. In the first half of the observation period, intermittent mixed layer deepening and subsequent restratification were repeated in the top 300 m depth. High chlorophyll concentrations and backscatter values were observed in the surface layer when upper layers were stratified. After March 17th, oxygen concentration increased, nitrate concentration decreased, and chlorophyll concentration and back scatter value were stable in the subsurface (100 to 300 m). After that, oxygen concentration, chlorophyll concentrations and back scatter values increased (nitrate decreased) coincided with stratification in the surface layer until April 2nd. In the subsurface layer, chlorophyll concentration and back scatter value decreased suddenly, which might mean that biogenic particulate organic matters transported by the deep mixing were quickly decomposed in the layer. Furthermore, a water with low oxygen and high nitrate intruded in the layer 50 to 100 m around March 30th. The origin of this water would be relative deeper layer because of low chlorophyll concentration and back scatter values.

The BGC-Argo observation in the south of KE for three months revealed that physical processes with various time scales in the surface layer from winter to spring affect the primary productivity of phytoplankton and the material distribution.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：BGCアルゴフロート、春季再成層化、生物応答、物質輸送
Keywords: BGC-Argo, Spring restratification, biological response, material transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

コンビーナ:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、林 武司(秋田大学教育文化学部)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

13:45 ~ 14:00

[AHW23-01] 降雨流出過程に関する山地斜面での観測における斜面内圧（間隙空気圧）の測定方法の検討

★招待講演

*岩上 翔[1]、野口 正二[1]、清水 貴範[1]、久保田 多余子[1]、飯田 真一[1]、荒木 誠[1] (1.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所)

14:00 ~ 14:15

[AHW23-02] **A method to quantify the influence of total water storage change on climate elasticity of streamflow**

*Yin Tang[1] (1.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science)

14:15 ~ 14:30

[AHW23-03] **Trade-off analysis of discharge-desiltation-turbidity and sediment simulation of a combined reservoir–river system under multi-phase and multi-layer conjunctive releasing operation**

*Chien-Lin Huang[1]、Nien-Sheng Hsu[1]、Gene Jiing-Yun You[1] (1.National Taiwan University, Taiwan)

14:30 ~ 14:45

[AHW23-04] Gradient change of soil moisture effect on next-day precipitation identified via a Random Forest-Granger causality model

*Lu Li[1]、Wei ShangGuan[1]、Shu Peng Zhang[1]、Jin Jing Pan[1]、Nan Wei[1]、Yong Jiu Dai[1] (1.Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University)

14:45 ~ 15:00

[AHW23-05] **Using data-driven methods to explore the predictability of surface soil moisture with FLUXNET site data**

*jinjing Pan[1] (1.Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University.)

15:00 ~ 15:15

[AHW23-23] Global Analyis of the Hydrological Sensitivity to Climate Variability

*Marisol Dominguez[1]、Hugo Alberto Gutierrez-Jurado[1] (1.University of Texas at El Paso)

降雨流出過程に関する山地斜面での観測における斜面内圧（間隙空気圧）の測定方法の検討

Method for measuring the pore air pressure in the mountainous slope for rainfall-runoff processes research

*岩上 翔[1]、野口 正二[1]、清水 貴範[1]、久保田 多余子[1]、飯田 真一[1]、荒木 誠[1]
*Sho Iwagami[1], Shoji Noguchi[1], Takanori Shimizu[1], Tayoko Kubota[1], Shin'ichi Iida[1], Makoto Araki[1]

1. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
1. Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization, National Research and Development Agency

Many researches have been conducted to clarify the mechanism of rainfall-runoff process in a forested catchment in humid warm-temperate regions. Some results obtained from hydrograph separation using isotopic tracer showed that stream discharge is mainly composed of pre-event old water rather than new water (rainwater). Since the 1980’s, the important issue in rainfall-runoff process studies has been solving how pre-event old water stored in the slope discharge in rapid response during rainstorm event. After 1990’s the role of bedrock groundwater contribution to rainfall-runoff process became to be illustrated. Iwagami et al. (2010) described the contribution of bedrock groundwater during rainfall events in a headwater catchment, however there were some large scale events which were not enough to be explain by the bedrock groundwater contribution. Further possible ideas to explain the rapid outflow of pre-event old water might be effect of pressure wave (Torres et al., 1998) and effect of entrapped air (Marui et al., 1993; Delfs et al., 2013).
Role of pore air effects (e.g., entrapped air and, pressure wave) on rainfall-runoff process are pointed out by previous studies however field evidence of pore air behavior or pore air pressure in the slope scale are still lacking. Also method for pore air pressure observation is not established and not discussed fully. In present study, in order to investigate the behavior of pore air under mountainous slopes, measurements of pore air pressure were conducted at two small headwater catchment in Hitachi Ohta Experimental Watershed and Tsukuba Experimental Watershed, Ibaraki Prefecture, Japan. We measured pore air pressure by detecting the inner pressure of borehole and piezometer. Focusing on the pressure difference between pore air and atmosphere (hereafter we call this as “pressure gap”), it is expected that during a dry period (not during rainfall and ground surface is unsaturated), shallow pore air pressure in the slope is almost at equilibrium state with the atmospheric pressure and the pressure gap might be zero. On the other hand, when the pressure gap was raised remarkably during the rainfall event, pore air is supposed to be entrapped and compressed by infiltrating rainwater (wetting front) and groundwater table (or underlying low permeability layer). During the observation from July 2018 to January 2019, pressure gap rising event have observed in both sites. Also negative pressure gap was observed after the pressure gap rising event. Further observation studies are needed for understanding the effect of entrapped air to rainfall-runoff process which could potentially contribute to the prediction of flash flood or corresponding slope instability.

キーワード：降雨流出過程、間隙空気、封入空気、差圧
Keywords: Rainfall-runoff processes, pore air, entrapped air, pressure gap

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A method to quantify the influence of total water storage change on climate elasticity of streamflow

*Yin Tang[1]

1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science

Numerous studies documented the climate elasticity of streamflow (i.e., precipitation elasticity and potential evapotranspiration elasticity) without considering the total water storage change (dS) based on long-term Budyko framework. However, the values of dS have been found to be a significant component of water balance at short time scales (e.g., annual) and some specific watersheds (e.g., arid regions). The purpose of this paper is to develop a new approach based on the extended Budyko framework to quantify the climate elasticity of streamflow with the influence of dS . The available water under the extended Budyko framework is the effective precipitation (Pe), i.e. the difference between precipitation and dS. The climate elasticity of streamflow with the influence of dS are derived from one recent proposed Budyko-type equation based on proportionality relationship under the extended Budyko framework. The performance of this new approach at annual scale as an example is evaluated for 273 MOPEX watersheds in the United States. Results show that climate elasticity of streamflow with the influence of dS are generally larger than that without considering the influence of dS for study watersheds. Results also indicates that the modeled proportional changes in annual streamflow are significantly biased by using the methods without considering the influence of dS, especially for peak values. This study highlights the needs to consider the influence of dS on climate elasticity of streamflow and provides a framework to quantify the climate elasticity of streamflow with the influence of dS.

Keywords: climate elasticity, total water storage change, MOPEX

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Trade-off analysis of discharge-desiltation-turbidity and sediment simulation of a combined reservoir–river system under multi-phase and multi-layer conjunctive releasing operation

*Chien-Lin Huang[1], Nien-Sheng Hsu[1], Gene Jiing-Yun You[1]

1. National Taiwan University, Taiwan

Multi-objective reservoir operation considering the trade-off of discharge-desiltation-turbidity during typhoons and sediment concentration simulation modeling are the vital components for sustainable reservoir management. The purpose of this study is to analyze the multi-layer release trade-offs between reservoir desiltation and intake turbidity of downstream purification plants and thus propose a superior conjunctive operation strategy. To this end, this study proposed a methodology to develop (1) a series of multi-phase and multi-layer sediment-flood conjunctive release modes and (2) a specialized sediment concentration numerical model for a combined reservoir–river system. The conjunctive release modes involve (1) an optimization model where the decision variables are multi-phase reduction/scaling ratios and the timings to generate a superior total release hydrograph for flood control (Phase I: phase prior to flood arrival, Phase II/III: phase prior to/subsequent to peak flow) and (2) a combination method with physical limitations regarding separation of the singular hydrograph into multi-layer release hydrographs for sediment control. This study employed the featured signals obtained from statistical quartiles/sediment duration curve in mesh segmentation, and an iterative optimization model with a sediment unit response matrix and corresponding geophysical-based acceleration factors, for efficient parameter calibration. This study applied the developed methodology to the Shihmen Reservoir watershed in Taiwan. The trade-off analytical results using Typhoons Sinlaku and Jangmi as case examples revealed that owing to gravity current and re-suspension effects, Phase I+II can de-silt safely without violating the intake's turbidity limitation before reservoir discharge reaches 2238 m^3/s; however, Phase III can only de-silt after the release at spillway reaches 827 m^3/s, and before reservoir discharge reaches 1924 m^3/s, with corresponding maximum desiltation ratio being 0.221 and 0.323, respectively.

Keywords: Multi-phase sediment-flood management, Sediment concentration modeling, Sediment duration curve, Hydrological statistic, Multi-objective trade-off analysis, Multi-layer conjunctive releasing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gradient change of soil moisture effect on next-day precipitation identified via a Random Forest-Granger causality model

*Lu Li[1], Wei ShangGuan[1], Shu Peng Zhang[1], Jin Jing Pan[1], Nan Wei[1], Yong Jiu Dai[1]

1. Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University

Surface soil moisture influences precipitation through its impact on water and energy cycles. Understanding of soil moisture-precipitation (SM-P) coupling on synoptic scale is important for improving short-term weather forecasting. However, the sign and pattern of SM-P feedback are still controversial, mainly caused by the difficulty to establish causal relationship. In this paper, we use empirical models to separate local land-atmosphere coupling effect from low frequency variation and persistence effects, and use Granger causality to identify the casual relationship between surface soil moisture and subsequent precipitation over China. Five experiments are designed to investigate the impact of the discrepancy of datasets and empirical models on SM-P feedback. Differences of SM-P feedback using different SM-P datasets are minor compared to those of empirical models. We improved the SM-P feedback model by using random forest to eliminate low frequency variation and persistence effects instead of generalized linear model. Moreover, we present a novel SM-P feedback framework by considering spatial impact of data, raising a new feature selection method and a new SM-P coupling index. The corresponding pattern of SM-P feedback shows that (1) positive SM-P feedback appears almost all over China. (2) The effect of surface soil moisture on next-day precipitation probability decreases from arid to humid regions over China. (3) The effect of low frequency variation and persistence on precipitation is larger than the effect of soil moisture, but we must emphasize that soil moisture also plays an important role in arid and semi-arid regions. Our finding statically supports the hypothesis that strong SM-P feedback locates in transition zones and SM-P coupling is higher during wet periods for dry regions.

Keywords: Soil moisture-precipitation feedback, random forest, granger causality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Using data-driven methods to explore the predictability of surface soil moisture with FLUXNET site data

*jinjing Pan[1]

1. Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University.

Soil moisture (SM) is a key variable of land surface-atmosphere interactions. Data-driven methods have been widely used to predict SM, but the predictability of SM has not been well evaluated. This study investigated what variables and methods can be used to better predict SM for leading times of 7 days or longer with a global coverage of FLUXNET site data for the first time. Three machine-learning models, i.e., Bayesian linear regression, random forest and gradient boosting regression tree, are used for the prediction. Variables including atmospheric forcing, surface soil temperature, time variables (year, day of year (DOY) and hour), the Fourier transformation of time variables and lagged SM (7-14 day lagged) were sequentially added into models. A framework with five experiments is designed for factorial exploration of SM predictability. A stepwise method was used to build the best models for each site. The performance of regression models became better when adding more explaining variables in most cases. The results showed that from 47 % to 95% of variation of the best models can be explained. The important explaining variables are lagged surface SM, followed by DOY, year, soil temperature and atmospheric forcing. The predictability of SM depends highly on SM memory characteristics and the persistence of seasonality. The effect of SM memory characteristics on SM prediction as an initial condition question has been widely discussed in this paper. Our results also provide an insight that mechanisms of seasonality effects on SM should be also paid more attention to.

Keywords: A framework with five contrasting experiments is designed to investigate the factors affecting the predictability of soil moisture, The best models can explain between 47% and 95% of variation with different explaining variable combinations at different sites, The most important explaining variable is lagged surface soil moisture, followed by time variables, soil temperature and atmospheric forcing, The predictability of soil moisture depends highly on soil moisture memory characteristics and the persistence of seasonality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global Analyis of the Hydrological Sensitivity to Climate Variability

*Marisol Dominguez[1], Hugo Alberto Gutierrez-Jurado[1]

1. University of Texas at El Paso

Projected climate changes in the 21st century is expected to have a profound impact in the functioning of Earth's water cycle. Therefore, identifying the components contributing to the sensitivity and resilience of water resources constitutes a research priority of global relevance. Here we present a practical approach to globally assess the hydrologic sensitivity of regions to climate variability. The aim is to identify the regions most vulnerable to changes in their hydrologic functioning as they experience external climatic shifts. For this purpose we present a new metric, the Hydrologic Sensitivity Index (HSI). HSI is calculated for any given location within 50 degrees North and South of the equator using annual values of Potential and Actual Evapotranspiration (PET and AET) obtained from the Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS), and Precipitation (P) from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) for all continents for the last 16 years (2001-2016). The HSI defines the hydrologic behavior under a given climatic condition by calculating the change in the Evaporative Index (DAET/P) against the change in the Dryness Index (DPET/P) between consecutive years. For HSI values >=1, regions are classified as Sensitive and for values of <1, Resilient. We calculated the mean, frequency and intensity of the HSI and analyzed the distribution of sensitive areas (HSI >=1) against changes in latitude, elevation, slope and aspect conditions using a 90m elevation dataset from the Shuttle Radar Topography Mission (STRM), as well as according to land cover properties defined by different biome types. Our analysis show the most hydrologically sensitive regions to climate variability occur in Temperate Grasslands along the Great Plains in North American and the Great Dividing Range in Australia, in parts of eastern Asia, in European Temperate Forests, parts of Tropical and Subtropical pampas east of the Amazonian forest and Tropical and Subtropical African Savannas. We also observe a combined latitudinal-elevation control on the HSI that is particularly noticeable along equatorial regions of the globe.

Keywords: Budyko Curve, Climate Variability , Hydrologic Sensitivity, Evapotranspiration, Global Analysis, Elevation and Aspect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-HW 水文・陸水・地下水学・水環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 103 1F

[A-HW23] 水循環・水環境

コンビーナ:町田 功(産業技術総合研究所地質調査総合センター)、山崎 大(東京大学生産技術研究所)、林 武司(秋田大学教育文化学部)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:渡辺 恵

We focus on various issues of water cycle and environment and aim to answer questions of hydrological and earth system sciences including 1) surface, subsurface and evapotranspiration processes of water cycle; 2) natural and anthropogenic hydrothermal systems, 3) environments issues and studies on a watershed or global scale, 4) water-related issues with ecological, environmental, and geochemical aspects, and 5) other issues in hydrological sciences. This session welcomes presentations regarding various kinds of approaches and techniques such as field survey, remote sensing, isotope tracers, numerical simulation, and theoretical analysis.

15:30 ~ 15:45

[AHW23-06] **A review on the global soil property maps for Earth system model**

Yongjiu Dai[1]、*Wei Shangguan[1]、Dagang Wang[2]、Nan Wei[1]、Qinchuan Xin[2]、Hua Yuan[1]、Shupeng Zhang[1]、Shaofeng Liu[1]、Fapeng Yan[3]、Xingji Lu[1] (1. Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University、2.School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University、3.College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University)

15:45 ~ 16:00

[AHW23-07] **Estimating near surface soil moisture at a high spatial resolution using an in-situ data based model**

*Indishe Prabath Senanayake[1]、In-Young Yeo[1,2]、Natthachet Tangdamrongsub[3,4]、Garry R Willgoose[1]、Gregory R Hancock[5]、Tony Wells[1]、Bin Fang[6]、Venkataraman Lakshmi[6]、Jeffrey P Walker[7] (1.School of Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia.、2.Department of Geographical Sciences, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA.、3.Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland, College Park, Maryland, USA.、4.Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA.、5.School of Environmental and Life Sciences, Faculty of Science, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia.、6.School of Earth Ocean and Environment, University of South Carolina, Columbia, SC 29223, United States.、7.Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton, Victoria 3800, Australia.)

16:00 ~ 16:15

[AHW23-08] Representation of dams in global flood inundation simulations by coupling the global hydrological model H08 and the global hydrodynamic model CaMa-Flood

*Julien Eric Boulange[1]、Naota Hanasaki[1] (1.National Institute for Environmental Studies)

16:15 ~ 16:30

[AHW23-09] An investigation into a potential long subglacial river beneath the Greenland ice sheet using SICOPOLIS simulations.

*Christopher Chambers[1]、Ralf Greve[1]、Bas Altena[2]、Pierre-Marie Lefeuvre[2] (1.Hokkaido University、2.University of Oslo)

16:30 ~ 16:45

[AHW23-10] **Changes in Annual Rainfall patterns in the Democratic Republic of Congo: Congo river basin**

*Chetan Sharma[1]、Chandra Shekhar Prasad Ojha[1] (1.Indian Institute of Technology Roorkee)

16:45 ~ 17:00

[AHW23-11] Seasonality in the extreme precipitation events linked to temperature over Japan

*Sridhara Nayak[1]、Tetsuya Takemi[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

A review on the global soil property maps for Earth system model

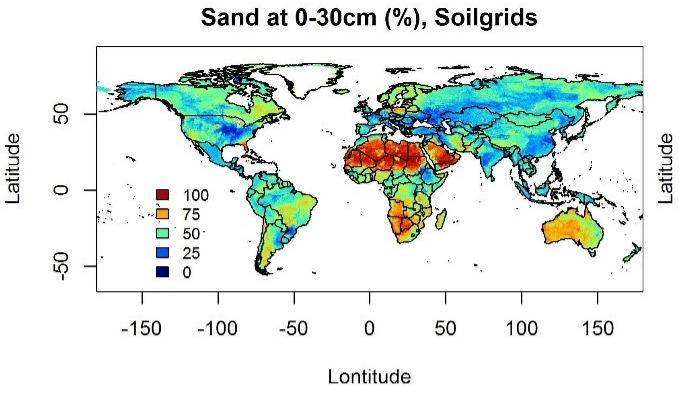
Yongjiu Dai[1], *Wei Shangguan[1], Dagang Wang[2], Nan Wei[1], Qinchuan Xin[2], Hua Yuan[1], Shupeng Zhang[1], Shaofeng Liu[1], Fapeng Yan[3], Xingji Lu[1]

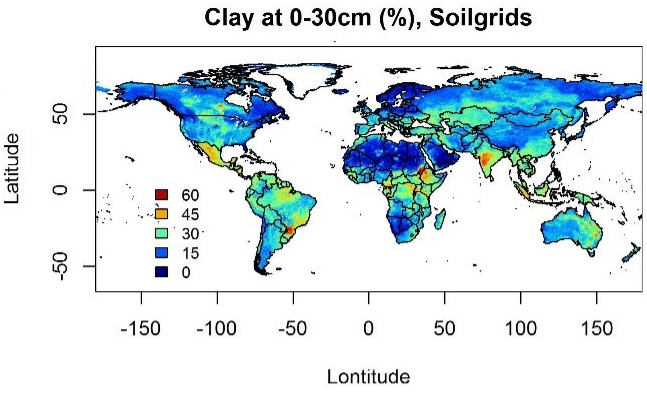
1. Guangdong Province Key Laboratory for Climate Change and Natural Disaster Studies, School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, 2. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, 3. College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University

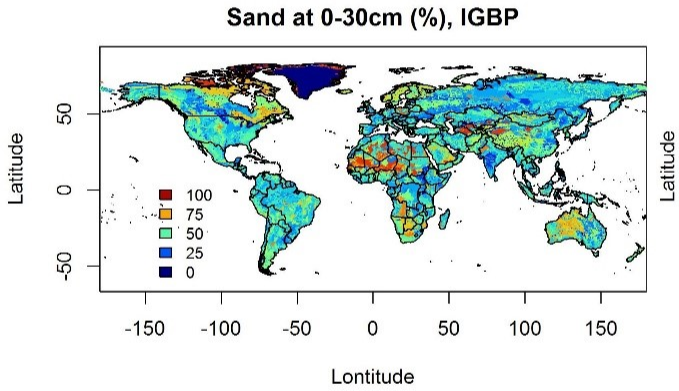
Soil is an important regulator of Earth system processes, but remains one of the least well-described data layers in Earth System Models (ESMs). We reviewed global soil property maps from the perspective of ESMs, including soil physical and, chemical and biological properties. These soil datasets provide model inputs, initial variables and benchmark datasets. For modeling use, the dataset should be geographically continuous, scalable and with uncertainty estimates. The popular soil datasets used in ESMs are often based on limited soil profiles and coarse resolution soil type maps. Updated and comprehensive soil information needs to be incorporated in ESMs. New generation soil datasets derived by digital soil mapping with abundant, harmonized and quality controlled soil observations and environmental covariates are preferred to those by the taxotransfer rule-based method for ESMs. Because there is no universal pedotransfer function, an ensemble of them may be more suitable to provide derived soil properties to ESMs. Aggregation and upscaling of soil data are needed for model use but can be avoid by taking a subgrid method in ESMs at the cost of increases in model complexity. Uncertainty of soil data needs to be incorporated in ESMs.

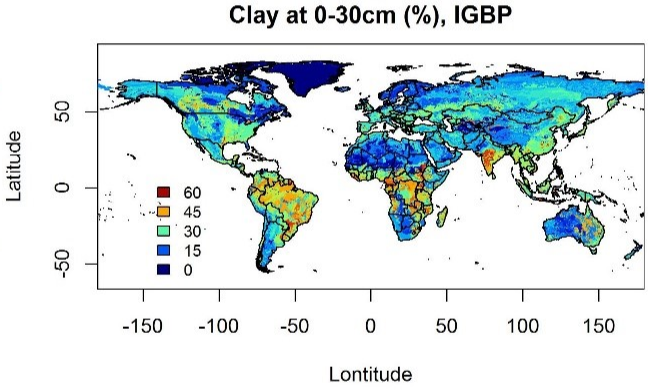
Keywords: Earth system model, soil hydrology, soil data, pedotransfer function

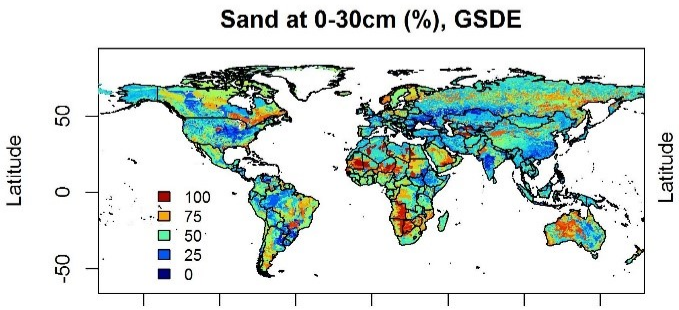
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

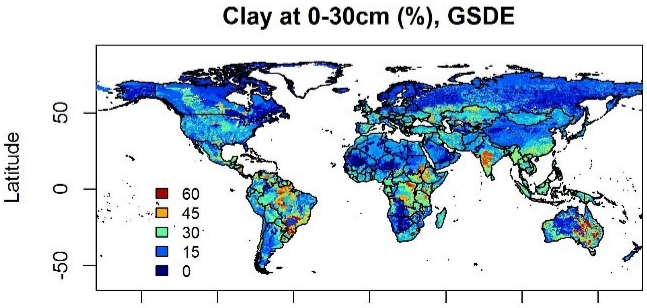












©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimating near surface soil moisture at a high spatial resolution using an in-situ data based model

*Indishe Prabath Senanayake[1], In-Young Yeo[1,2], Natthachet Tangdamrongsub[3,4], Garry R Willgoose[1], Gregory R Hancock[5], Tony Wells[1], Bin Fang[6], Venkataraman Lakshmi[6], Jeffrey P Walker[7]

1. School of Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia., 2. Department of Geographical Sciences, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA., 3. Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland, College Park, Maryland, USA., 4. Hydrological Sciences Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA., 5. School of Environmental and Life Sciences, Faculty of Science, The University of Newcastle, Callaghan, NSW 2308, Australia., 6. School of Earth Ocean and Environment, University of South Carolina, Columbia, SC 29223, United States., 7. Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton, Victoria 3800, Australia.

Soil moisture is a key variable in the hydrologic cycle. Therefore, soil moisture information is important for hydrologic and climatic modelling, and for agricultural applications. However, the available point-scale in-situ observations and coarse resolution (10s of km) satellite soil moisture retrievals are unable to capture the spatial variability of soil moisture at high spatial resolutions as required by many of the local and regional scale applications. The lack of high resolution soil moisture data has resulted uncertainties in the model outcomes in these applications. Downscaling coarse spatial resolution L-band microwave satellite soil moisture products using high spatial resolution optical/thermal satellite data appears to be a feasible option to estimate near surface (~top 5 cm) soil moisture at a high spatial resolution. In this study a model was developed to estimate soil moisture at 1 km spatial resolution by downscaling coarse resolution satellite soil moisture products. This downscaling model was built by using in-situ observations from a long term monitoring network (2004-2015) over two sub-catchments, Krui and Merriwa River, located in the Upper Hunter Region of south-eastern Australia. The model was based on the soil thermal inertia relationship between the diurnal temperature difference (ΔT) and daily mean soil moisture (μSM). A regression tree (RT) was built between ΔT and μSM and classified based on the season, vegetation density and soil clay content. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) land surface temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values at 1 km spatial resolution were input to the model to estimate soil moisture at 1 km resolution. Subsequently, SMAP-Enhanced 9 km (L3SMP-E) and SMOS 25 km grid (SMOS CATDS L3 SM 3-DAY) soil moisture products over the study area were downscaled and then compared against in-situ observations. Further, the downscaling algorithm was applied to aggregated soil moisture observations from National Airborne Field Experiment 2005 (NAFE’05) over a 40 x 40 km land area over Krui and Merriwa River catchments. The downscaled products were validated using 1 km airborne data. The SMAP L3SMP-E and SMOS CATDS L3 SM 3-DAY products show unbiased root mean square errors (ubRMSEs) of 0.068 and 0.051 cm^3/cm^3 (R^2 values of 0.40 and 0.61), respectively, against in-situ observations. The downscaled airborne soil moisture data shows an RMSE of 0.07 cm^3/cm^3 (with R value of 0.4). The model performed well in dry conditions compared to wet conditions. This method shows a good potential in developing a long time series of high spatial resolution soil moisture information over arid and semi-arid regions using SMOS and SMAP soil moisture products.

Keywords: Downscaling, remote sensing, SMAP, SMOS, soil moisture, thermal inertia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Representation of dams in global flood inundation simulations by coupling the global hydrological model H08 and the global hydrodynamic model CaMa-Flood

*Julien Eric Boulange[1], Naota Hanasaki[1]

1. National Institute for Environmental Studies

Dams and reservoirs regulate the flow of rivers, storing and releasing water to maximize its availability for human and environmental needs[1]. While regulating water flow is beneficial regarding human water security, it was reported to have rather dire consequences for the environment such as aquatic biota[2,3]. Nevertheless, currently about half of the major global river systems are affected by dams[4].
Global hydrodynamic models have greatly improved in terms of accuracy and computational efficiency in reproducing flood inundation extent[5]. However, to this day, still few such models successfully simulated flood inundation considering the influence of dams.
In this research, the global hydrological model H08[6,7] is coupled to the global hydrodynamic model CaMa-Flood[8] for representing dams in global flood inundation simulation. The input meteorological dataset used in this study were provided by the ISIMIP2b project[9] and consisted of 4 GCMs and 4 scenarios.

The coupled model simulates river discharge and inundation globally at a daily interval, at a spatial resolution of 0.5˚ ×0.5˚. Discharge predicted with the original CaMa-Flood model were compared to those obtained with the coupled model. The seasonal discharge in rivers heavily affected by reservoir operation were very different between the two simulations. Generally, annual minimum (maximum) 7-day discharge was significantly higher (lower) for the simulation explicitly representing dams. In addition, timings of the discharge peaks were also different between the 2 simulations. We deeply investigated the results in several selected river basins.

References:

1 Ehsani, N., Vörösmarty, C. J., Fekete, B. M. & Stakhiv, E. Z. *J. Hydrol.* (2017).
2 Pringle, C., Freeman, M. & Freeman, B. *Regional Effects of Hydrologic Alterations on Riverine Macrobiota in the New World: Tropical–Temperate Comparisons*. Vol. 50 (2000).
3 Kingsford, R. T. *Austral Ecology* (2000).
4 Dynesius, M. & Nilsson, C. *Science* (1994).
5 Teng, J. *et al. Environmental Modelling & Software* (2017).
6 Hanasaki, N. *et al. Hydrol. Earth Syst. Sci.* (2008).
7 Hanasaki, N. *et al. Hydrol. Earth Syst. Sci.* (2008).
8 Yamazaki, D., Kanae, S., Kim, H. & Oki, T. *Water Resour. Res.* (2011).
9 Frieler, K. *et al. Geosci. Model Dev. Discuss.* (2016).

Keywords: Global hydrology, Flood, H08 model, CaMa-Flood model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An investigation into a potential long subglacial river beneath the Greenland ice sheet using SICOPOLIS simulations.

*Christopher Chambers[1], Ralf Greve[1], Bas Altena[2], Pierre-Marie Lefeuvre[2]

1. Hokkaido University, 2. University of Oslo

The Greenland ice sheet appears to be hiding large geographical features at its base that have the potential to affect ice sheet simulations to an unknown degree. One feature is a broken valley extending from Petermann Fjord far into the center of Greenland revealed by the widely used BedMachine basal topographic dataset. The valley appears to be blocked by topographic rises at many points along its route, however it will be demonstrated that these blockages are entirely artificial consequences of data interpolation and that all available data indicate that the valley is not blocked. To test whether opening up this valley could affect ice sheet sliding, SImulation COde for POLythermal Ice Sheets (SICOPOLIS) simulations are used. The simulations show that opening up this valley creates an uninterrupted potential subglacial water pathway from central Greenland to Petermann Fjord (Figure 1) suggesting that water could flow along its length. The reason this is possible is because the valley tracks down a gentle ice thickness gradient as it roughly follows the ice divide. The redistribution of water towards Petermann Glacier focuses increased sliding there. There is also a small reduction of sliding in central west Greenland. Other effects of this valley on the ice-sheet hydrology and dynamics will be presented. If confirmed with further radar bed observations, this would be a great world river the runs under ice for its entire length, a distance that could be up to 1600 km.

Keywords: ice, glacier, river, Greenland, climate

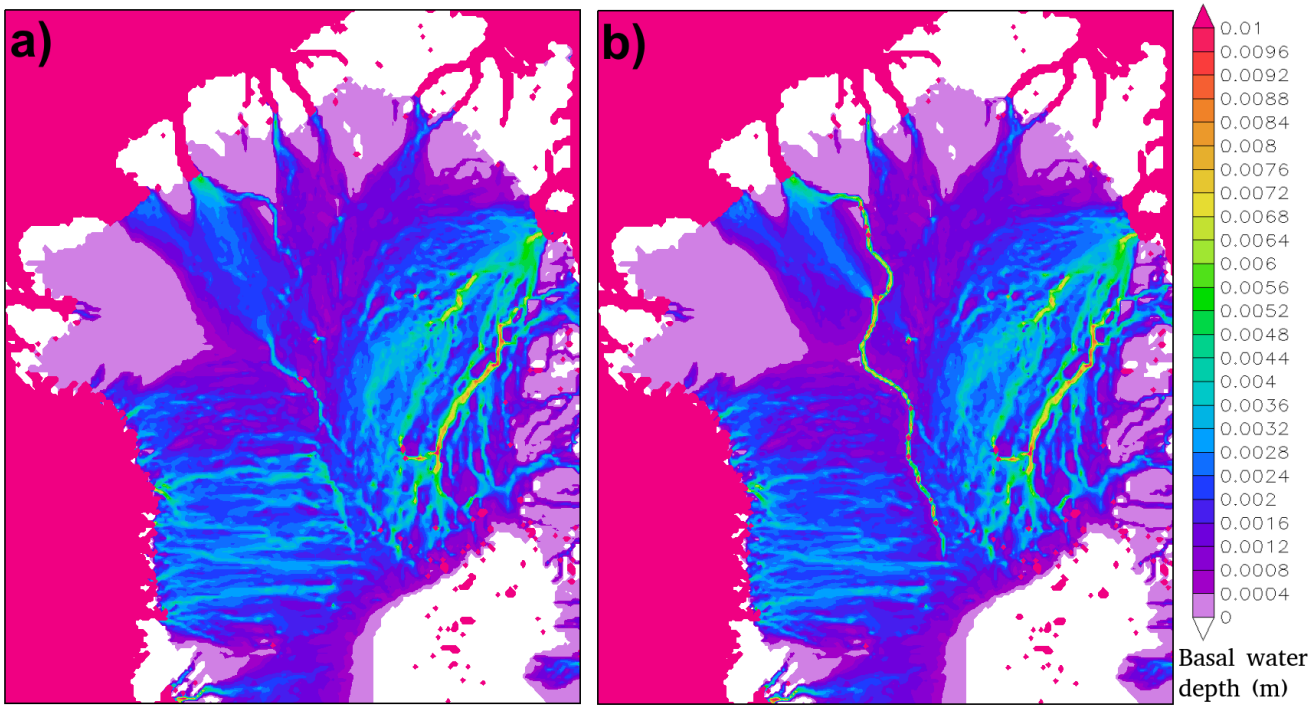


Figure 1: Basal water depth (m) for a) standard bed and b) valley inserted.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Changes in Annual Rainfall patterns in the Democratic Republic of Congo: Congo river basin

*Chetan Sharma[1], Chandra Shekhar Prasad Ojha[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

This study focuses on the change detection in annual rainfall in the Democratic Republic of Congo (DRC) in the Congo river basin. High resolution gridded rainfall provided by Climate Research Unit (CRU) is used in this study. Trends in the annual rainfall patterns are calculated and the significance of the trends are found out using non-parametric Mann-Kendal test at 10% significance level. It is found that high negative trends are prevailing in Northern and Southern parts and high positive trends are in the Eastern and Western parts of the Congo river basin. Almost all of these locations show a significant trend. Central wetlands don’ t show a significant change in annual rainfall pattern. Change detection studies are carried out to detect year of change when annual rainfall starts showing deviation from its natural state. Mann-Whitney-Pettit method is used to detect year of change at 5% significance level in this study. Change is detected for almost all of the locations where the trend of annual rainfall is significant. Much earlier change is detected in the Eastern regions of the basin, i.e., the change year 1941-1960, while most of the Northern, Southern and Westerns shows change detection year from 1981-1995.
It is evident from this study that rainfall patterns in the Congo river basin are changing and the changes are non-uniform. There is no change detected in the central regions, while Northern and Southern areas show a significant decrease in rainfall and Eastern and Western regions are showing an increase in total annual rainfall. Change detection year also have non-uniform spatial patterns and Eastern regions are found to be affected much earlier by climate change.

Keywords: Change Detection, Congo river basin, Rainfall

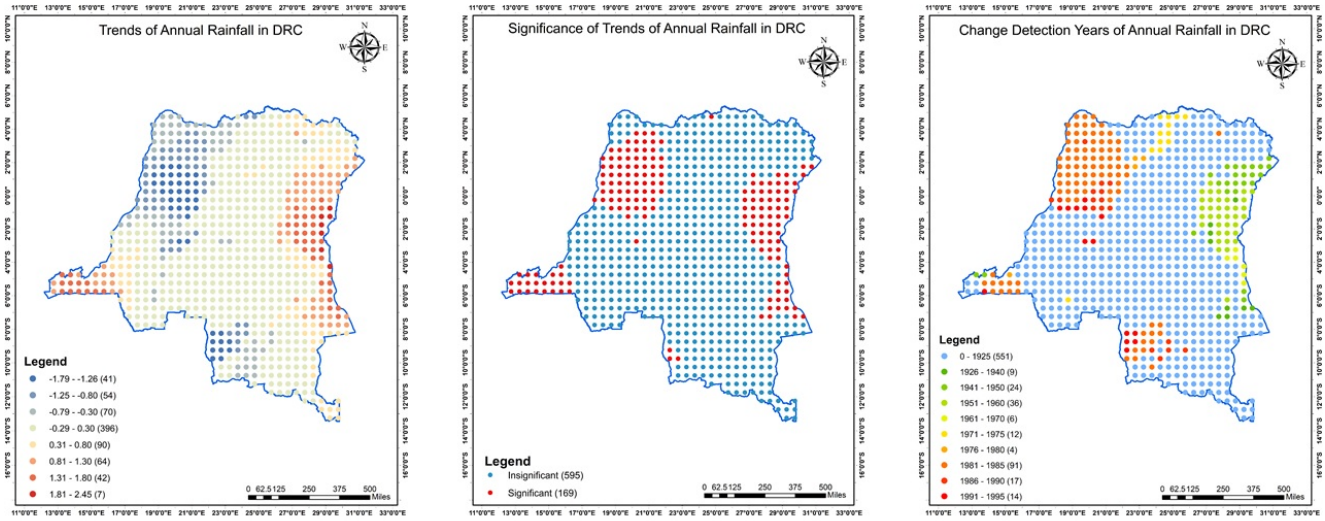


Fig-1. Annual Rainfall Patterns and Changes in Democratic Republic of Congo (DRC): Congo River basin (a) Trends (b) Significance of rends (c) Change Detection Year

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonality in the extreme precipitation events linked to temperature over Japan

*Sridhara Nayak[1], Tetsuya Takemi[1]

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The frequency of extreme precipitation events is expected to increase in future warmer climate according to the Clausius-Clapeyron (CC) equation which states that atmosphere can hold more moisture in warmer air temperature (about 7 percent per increase of 1ºC). In this study, the extreme precipitation intensities linked to temperature are investigated for different seasons over seven sub-regions of Japan by analyzing the d4PDF dataset at 20 km in present (1951-2010) and future climate (2051-2110). To do this we stratified the precipitation intensities of wet days (defined as excess of 1 mm per day) in different temperature bins at 1º intervals and computed the 99-percentile of the precipitation intensities from each temperature bin. We find that the extreme precipitation intensities linked to temperature is strongly influenced by the seasons and regions of Japan. The extreme precipitation intensities increase with temperature up to 21º over northern Japan, while the extreme precipitation intensities over Okinawa increase up to 24º. Intensities of extreme precipitation events over northern parts of Japan including Hokkaido and Tohoku regions are increased by about 10 mm per day in future warming climate, while over western regions of Japan it is increased by about 20 mm per day. Seasonal analysis indicates a super CC relationship in winter season and a sub CC relationship in summer. Overall results suggest that Japanese regions may experience more extreme precipitations in future warming climate.

Keywords: Extreme Precipitation Events, d4PDF, Clausius-Clapeyron Equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:植村 立(琉球大学)、大藪 幾美(国立極地研究所)

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

9:00 ~ 9:15

[ACC26-01] 気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

★招待講演

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4] (1.気象研究所、2.北海道大学低温科学研究所、3.国立極地研究所、4.岡山大学)

9:15 ~ 9:30

[ACC26-02] Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4] (1.北海道大学大学院環境科学院、2.北海道大学低温科学研究所、3.岡山大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学北極域研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACC26-03] フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8] (1.北海道大学 北極域研究センター、2.北海道大学 低温科学研究所、3.北海道大学大学院 地球環境科学院、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学環境学研究科、6.北見工業大学社会環境工学科、7.岡山大学自然科学研究科、8.国立極地研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACC26-04] グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学、4.岡山大学、5.東京大学、6.東京理科大学、7.山形大学、8.総合地球環境学研究所、9.名古屋大学、10.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[ACC26-05] 中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.アイダホ大学)

10:15 ~ 10:30

[ACC26-06] Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2] (1.富山大学、2.国立極地研究所、3.北見工業大学)

気象研究所地球システムモデルによる過去再現実験での北極域のエアロゾルと気候変動

Aerosols and climate change in the Arctic in the historical experiments using the MRI Earth System Model

*大島 長[1]、田中 泰宙[1]、神代 剛[1]、出牛 真[1]、相澤 拓郎[1]、保坂 征宏[1]、川合 秀明[1]、行本 誠史[1]、飯塚 芳徳[2]、東 久美子[3]、青木 輝夫[4]
*Naga Oshima[1], Taichu Y Tanaka[1], Tsuyoshi Koshiro[1], Makoto Deushi[1], Takuro Aizawa[1], Masahiro Hosaka[1], Hideaki Kawai[1], Seiji Yukimoto[1], Iizuka Yoshinori[2], Kumiko Goto-Azuma[3], Teruo Aoki[4]

1. 気象研究所、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 国立極地研究所、4. 岡山大学
1. Meteorological Research Institute, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Okayama University

大気中のエアロゾルは、太陽放射を散乱・吸収し、また雲の微物理特性を変調することにより、地球の放射収支を変化させる。しかしながら、従来の気候モデルでは北極域におけるエアロゾルの再現性が不十分であり、これまでのエアロゾルによる気候影響評価には大きな不確定性が含まれていた。

気象研究所では、気象研究所地球システムモデルMRI-ESM1に数多くの改良を実施することで、第６期結合モデル比較計画CMIP6に向けた新しいバージョンのモデルMRI-ESM2を開発した。MRI-ESM2は大気モデル（水平解像度約120 km）、海洋モデル、エアロゾルモデル（水平解像度約180 km）、大気化学モデル（水平解像度約280 km）が結合して構成され、大気の鉛直解像度は80層（上端0.01 hPa）である。MRI-ESM2では、近年の北極域におけるエアロゾルの再現性が従来と比べて大きく向上したため、本研究ではこのモデルを用いて、エアロゾルが産業革命前から現在までの北極域の気候変動に及ぼす影響評価を行っている。

MRI-ESM2を用いて、CMIP6で提供されている排出量データや境界条件を与えて、CMIP6過去再現実験（1850-2014年）を実施した。モデル計算結果の再現性を検証するために、グリーンランドにおけるアイスコア観測との比較を行った。この比較では、CMIP6排出量データを用いたMRI-ESM2計算、CMIP5排出量データを用いたMRI-ESM2計算、CMIP5排出量データを用いた従来モデル（MRI-ESM1）計算の3種類を用いた。グリーンランド南東ドーム（SE-Dome）でのアイスコア中の硫酸塩エアロゾルと比較したところ、従来モデルは観測を大幅に過小評価したが、MRI-ESM2は良い再現性を示した。またSE-Domeでの硫酸塩エアロゾルの沈着量は、冬季は人為起源の影響が主要であったのに対し、夏季は自然起源の影響も大きいことが示唆された。次に、D4サイトでのアイスコア中のブラックカーボンと比較したところ、CMIP6排出量を用いたMRI-ESM2計算は20世紀前半の濃度増大を再現できなかった。一方、CMIP5排出量を用いたMRI-ESM2計算は、期間全体では過大評価するものの、20世紀前半の濃度増大を再現した。これは、CMIP6で提供されているブラックカーボンの排出量が、CMIP5で提供された排出量に比べ、19世紀後半から20世紀前半にかけて北米域とヨーロッパ域で大きく減少していたことが原因と考えられ、ブラックカーボンの排出量データには未だ大きな不確定性が含まれていることを示唆している。MRI-ESM2によるCMIP6過去再現実験では、エアロゾルが北極域の気温変化に重要な役割を果たす結果が示唆されている。MRI-ESM2による地上気温変化を観測結果と比較したところ、全球平均・北極圏平均ともに、従来よりも再現性が向上した。これらの結果は、気候モデルの予測精度向上のためには、高精度・高時間分解能のアイスコア観測・分析が必要であるとともに、アイスコアデータの解釈における気候モデルの有用性を示している。

キーワード：エアロゾル、気候モデル、アイスコア、気候変動、環境変動、北極
Keywords: Aerosol, Climate model, Ice core, Climate change, Environmental change, Arctic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particles in ice layers of SIGMA-A ice core, northwestern Greenland

*川上 薫[1,2]、飯塚 芳徳[2]、的場 澄人[2]、青木 輝夫[3]、杉山 慎[2]、安藤 卓人[4]
*Kaoru Kawakami[1,2], Yoshinori Iizuka[2], Sumito Matoba[2], Teruo Aoki[3], Shin Sugiyama[2], Takuto Ando[4]

1. 北海道大学大学院環境科学院、2. 北海道大学低温科学研究所、3. 岡山大学大学院自然科学研究科、4. 北海道大学北極域研究センター
1. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 4. Arctic Research Center, Hokkaido University

Arctic atmospheric warming accelerates surface melting on the Greenland ice sheet. In the accumulation areas of the Greenland ice sheet, ice layers are formed by snowmelt and refreezing processes during summer. In the snowmelt water, chemical substances originated from atmospheric soluble aerosols exist as dissolved anion and cation species. After refreezing process, the ions are preserved in the state of acid or salt in the refrozen ice layer. However, the behavior of inclusions in refreezing ice layers is still unclear. In this study, we observed salt inclusions in ice layers of a Greenlandic ice core to understand how and where inclusions were formed along the snowmelt and refreezing process.
During spring 2017, a 60m ice core (hereinafter referred to as SIGMA-A core) was drilled on the northwestern Greenland (78º 03′06″N, 67º 37′42″W, 1490 m a.s.l), which covers the past 100 years. The SIGMA-A core has 243 ice layers (longer than 1mm in thickness), whose mean thickness is 13.8mm.Both the number and the thickness of ice layers have increased in recent 30 years. In a -20℃ cold room of Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, ice layers formed in 2006 and 2014 were selected from the SIGMA-A ice core. The two ice layers were cut to three sections of 40*6.56*25 mm(the 2014 sample), 40*5.45*75 mm(the bottom part of 2006 sample), 40*6*80 mm(the top part of 2006 sample) in the -20℃ cold room. Then, the size and location of inclusions in the sections were observed by a measuring microscope (OLYMPUS, STM-UM) in the cold room. The chemical composition of inclusions were identified by Raman spectroscopy in a cold chamber at -30℃ with the same method described in Ohno et al.[1].
The location of inclusions tends to be the bottom part of the both ice layers. The mean particle size is 17.6 μm, which is larger than that in other dry ice cores. For example, the mean size of particles in Greenland NEEM core is about 1-4 μm[2], and that in Dome Fuji core is 1-3 μm[1]. Also, inclusions are identified as $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ and $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ by the Raman measurements. The snowmelt and refreezing processes may produce huge salt inclusions at the last stage of refreezing due to ion redistribution.

References

[1] Ohno, H., et al. (2006), Characteristics of salt inclusions in polar ice from Dome Fuji, East Antarctica, *Geophysical Research Letters*, **33**, 8, L08501.

[2] Oyabu, I., et al. (2015), Chemical compositions of solid particles present in the Greenland NEEM ice core over the last 110,000 years, *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, 9789–9813.

キーワード：アイスコア、グリーンランド、SIGMA-A
Keywords: ice core, Greenland, SIGMA-A

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィルンコア試料を用いたグリーンランド南東部高涵養域における過去60年間の気候変動に伴った雪質変化の評価
Snow modification due to climate change in southeastern high-accumulation area of Greenland over the last 60 years evaluated by physical properties of firn core.

*安藤 卓人[1]、飯塚 芳徳[2,3]、柴田 麻衣[2,3]、的場 澄人[2,3]、杉山 慎[2,3]、安達 聖[4]、山口 悟[4]、藤田 耕史[5]、堀 彰[6]、青木 輝夫[7]、藤田 秀二[8]
*Takuto Ando[1], Iizuka Yoshinori[2,3], Mai Shibata[2,3], Sumito Matoba[2,3], Shin Sugiyama[2,3], Satoru Adachi[4], Satoru Yamaguchi[4], Koji Fujita[5], Akira Hori[6], Teruo Aoki[7], Shuji Fujita[8]

1. 北海道大学 北極域研究センター、2. 北海道大学 低温科学研究所、3. 北海道大学大学院 地球環境科学院、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学環境学研究科、6. 北見工業大学社会環境工学科、7. 岡山大学自然科学研究科、8. 国立極地研究所
1. Arctic Research Center, Hokkaido University, 2. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 3. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 6. Department of Civil and Environmental Engineering, Kitami Institute of Technology, 7. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 8. National Institute of Polar Research

氷床の表面積雪粒径は氷床のアルベドを制御するため，重要な物理パラメーターである。しかし，より深部の積雪は圧密氷化過程によって高密度化や粒子の粗大化がすすみ，積雪時の情報は失われていく。アイスコア・フィルンコア試料では，氷やフィルンの密度や比表面積を測定することで，降雪から氷までの変質過程を評価してきたが，これまで比表面積を数十ｍにもなるアイスコアで連続に測定した例は少ない。近赤外光反射率は，比表面積（specific surface area; SSA）の指標として近年注目されている。コア試料について近赤外光反射率測定を連続的に行なうことで，原理的にはSSAの時系列変動データを得ることができる。2015年にグリーンランド北東部で掘削されたSE-Domeフィルンコアは，その非常に速い堆積速度 （~1m/年）から，季節レベルでの物理・化学分析が可能である。本発表では，主にコア試料の密度と近赤外光反射率を計測し，比表面積を季節レベルの高時間分解能で復元した。

その結果，SE-Dome試料の近赤外光反射率と密度は，圧密氷化過程を反映して長期スケールでは逆相関関係にあった。その一方で，季節レベルの短期スケールでは，正相関の関係にあり，特に夏季に相当する深度では，低い近赤外光反射率（低SSA）かつ低密度の層が年ごとに何層か存在していた。この低密度一低SSA層は，ERAの再解析データによる気温が-5℃以上となる期間がより長い年により多く形成されていることがわかった。この地域の気温は0℃以上になることはまれであるため，積雪表面での融解ではなく昇華によって密度が低下しつつ雪粒子が丸みを帯びることで，低密度一低SSA層の形成が起きたと考えられる。

キーワード：グリーンランド、物理測定、近赤外光反射率、フィルン、雪粒子、アルベド
Keywords: Greenland, physical property, near-infrared reflectance , firn, snow grain, albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランドにおける人為起源及び自然起源のブラックカーボンの濃度、粒径分布、季節変動の経年変化

Temporal variations of concentrations, size distributions, and seasonal variations of anthropogenic and natural black carbon in Greenland

*東 久美子[1,2]、塚川 佳美[1]、近藤 豊[1]、Dallmayr Remi[1,10]、平林 幹啓[1]、尾形 純[1]、北村 享太郎[1]、川村 賢二[1,2]、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、青木 輝夫[4]、茂木 信宏[5]、大畑 祥[5]、森 樹大[6]、小池 真[5]、小室 悠紀[7]、對馬 あかね[8,9]、永塚 尚子[1]、繁山 航[1,2]、藤田 耕史[9]
*Kumiko Goto-Azuma[1,2], Yoshimi Ogawa-Tsukagawa[1], Yutaka Kondo[1], Remi Dallmayr[1,10], Motohiro Hirabayashi[1], Jun Ogata[1], Kyotaro Kitamura[1], Kenji Kawamura[1,2], Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Teruo Aoki[4], Nobuhiro Moteki[5], Sho Ohata[5], Tatsuhiro Mori[6], Makoto Koike[5], Yuki Komuro[7], Akane Tsushima[8,9], Naoko Nagatsuka[1], Wataru Shigeyama[1,2], Koji Fujita[9]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学、4. 岡山大学、5. 東京大学、6. 東京理科大学、7. 山形大学、8. 総合地球環境学研究所、9. 名古屋大学、10. アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Hokkaido University, 4. Okayama University, 5. University of Tokyo, 6. University of Science, 7. Yamagata University, 8. Research Institute for Humanity and Nature, 9. Nagoya University, 10. AWI

2014年春にグリーンランド氷床北西部のSIGMA-Dサイトで225メートルの深さまでのアイスコアが掘削された。積雪のアルベドに影響を及ぼす物質として注目されているブラックカーボン（BC）の変動を高時間分解能で復元するため、国立極地研究所で開発されたアイスコア連続融解析装置（CFA）を用いてこのコアの深度6～113mを高時間分解能分析した。CFAはアイスコアを融解しながら連続的に分析する方法であるが、融解部に接続したWide-Range SP2 (Single Soot Photometer）によりBCを分析した。コアの上部6mは空隙の多いフィルンであり、CFAを用いることができなかったため、約5cmの長さ毎に切り、試料表面の汚染を除去して融解した後、SP2で分析した。主としてナトリウムイオン濃度と酸素同位体比の季節変動を利用してこのコアの年代決定を行い、1年を12に分割して月毎の変化を調べた。

ブラックカーボンの質量濃度と数濃度はともに1870年頃から増加し始め、1920～1930年頃にピークを迎えたが、その後減少に転じた。1870年頃からの濃度の増加は、化石燃料の燃焼によって発生する人為起源のブラックカーボンがグリーンランドに流入したためであると考えられる。化石燃料起源のBC濃度の増加に伴ってBCの粒径が大きくなる傾向が見られた。これはグリーンランドに到達する化石燃料起源のBCの粒径が森林火災起源のものよりも大きいことを示唆している。BC濃度の季節変動を調べたところ、BC濃度の増加は主に秋～冬に生じていることが分かった。また、人為起源のBCの影響がない時代にはBC濃度は夏にピークを示していたが、人為起源のBCが多量に流入した時代には冬にピークを示していたことも分かった。夏にはしばしばBCが短期間だけ50μg/Lを超える高濃度になることがあったが、これは森林火災によるものと考えられる。本発表では、SIGMA-Dコアの結果を他のグリーンランドコアと比較して議論する。

キーワード：ブラックカーボン、グリーンランド、アイスコア
Keywords: Black carbon, Greenland, Ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央アジアパミール山域で掘削された浅層アイスコアのダストの鉱物構成の分析

Mineral composition of dust layers in a shallow ice core drilled in Pamir Alay Mountains of Central Asia

*竹内 俊介[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[2]、Vladimir Aizen[4]
*Shunsuke Takeuchi[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[2], Vladimir Aizen[4]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. アイダホ大学
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Idaho University

アイスコア中に含まれるダスト(鉱物粒子)は、過去の大気循環や乾燥度を示すプロキシーとして用いられている。ダスト研究の多くは、ダストフラックスやダスト粒径分布に注目するものがほとんどであるが、ダストを構成する鉱物の種類や組成について分析された例は少ない。ダストの種類や組成は、その起源や輸送過程を反映するので、その分析によってより詳細なダストの供給源や大気循環変動の解析ができる可能性がある。そこで、本研究では、2016年8月に中央アジア・キルギス共和国パミール山域で掘削された深さ約7 mの浅層アイスコアを用いて、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡を使って各層のダスト分析を行った。

ダスト粒径の小さいもの（粒径d，1<d ≦15 μm)、とダスト粒径の大きいもの(d >15μm)に分け、ダスト濃度を比較したところ、それぞれ異なる深度にピークが現れた。また、ダスト粒径の小さい層では，黄色い有色鉱物の割合が比較的高く、ダスト粒径の大きい層では、赤色鉱物の割合が比較的高いという違いが見られた。さらに、電子顕微鏡によるダストの元素分析から、ダスト粒径の大きい層には，パミール特有の地質である石灰岩を起源とする方解石が含まれることが明らかになった。以上の結果から、本研究で分析したパミールの浅層アイスコアでは，ダスト層に含まれるダストの種類や組成は、一様でないことが明らかになった。ダスト層には、方解石及び赤色鉱物を含む近距離輸送ダストで構成されるものと、それらを含まない長距離輸送ダストで構成されるものがあることが示唆された。

キーワード：氷河、アイスコア、ダスト、有色鉱物、鉱物組成、パミール
Keywords: Glacier, Ice core, Dust, Colored mineral, Mineral composition, Pamir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of snow surface patterns from the coast to the inland, Dome-Fuji Station, of Antarctica, using camera images

*杉浦 幸之助[1]、渡辺 健吾[1]、平沢 尚彦[2]、川村 賢二[2]、中澤 文男[2]、大野 浩[3]、藤田 秀二[2]、大藪 幾美[2]、山内 恭[2]、本山 秀明[2]
*Konosuke Sugiura[1], Kengo Watanabe[1], Naohiko Hirasawa[2], Kenji Kawamura[2], Fumio Nakazawa[2], Hiroshi Ohno[3], Shuji Fujita[2], Ikumi Oyabu[2], Takashi Yamanouchi[2], Hideaki Motoyama[2]

1. 富山大学、2. 国立極地研究所、3. 北見工業大学
1. University of Toyama, 2. National Institute of Polar Research, 3. Kitami Institute of Technology

Snow surface patterns in Antarctica are of practical concern and are important from the standpoint of developing an optimum route in Antarctica. In this study, we estimate snow surface patterns from the coast to the inland of Antarctica using camera images during JARE-59. The interval camera was used to capture the image of snow surface. Snow surface was photographed from November 13, 2017 to December 9, 2017. The number of images from the southern latitude of 69 degrees to 77 degrees was about 14,000 sheets. One sheet was divided into eight zones to distinguish a small-scale snow surface pattern. The pattern of snow surface was classified in three kinds such as 1) deposition, 2) equilibrium, and 3) erosion. We judged the snow surface patterns by sight. When Snow dune/Snow barchan was observed, it was classified as a deposition pattern. When Sastrugi/Glazed surface was observed, it was classified as an erosion pattern. In addition, when snow ripples were observed, it was classified as an equilibrium pattern.
The result of our analysis shows that the frequency of the deposition pattern decreases as latitude rises to 73 degrees south (Katabatic wind region) and then it increases slightly. In contrast, the frequency of the erosion pattern increases as latitude rises to 73 degrees south above which it decreases slightly. On the other hand, there have been no outstanding changes in the equilibrium pattern. The analyzed results of latitude dependence agree with the previous research qualitatively. However, the dominant surface pattern in the inland plateau region was still the erosion pattern. Since we analyzed the data of the outward trip, it is necessary to analyze the data of the return trip from the inland to the coast and to investigate a time scale of the surface pattern changes.

キーワード：デューン、バルハン、サスツルギ、光沢雪面、リップル
Keywords: snow dune, snow barchan, sastrugi, glazed surface, snow ripple

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:竹内 望(千葉大学)、川村 賢二(国立極地研究所)

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

10:45 ~ 11:00

[ACC26-07] 南極氷床コアに眠る古代菌類の分離

★招待講演

*辻 雅晴[1] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所)

11:00 ~ 11:15

[ACC26-08] **極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望**

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学)

11:15 ~ 11:30

[ACC26-09] 不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.日本学術振興会、3.北海道大学低温科学研究所、4.総合研究大学院大学、5.海洋研究開発機構、6.Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7.Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8.Department of Physical Geography, Stockholm University)

11:30 ~ 11:45

[ACC26-10] 浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東 久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3] (1.情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.名古屋大学、5.東京大学、6.北見工業大学、7.富山大学)

11:45 ~ 12:00

[ACC26-11] 完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

12:00 ~ 12:15

[ACC26-12] **Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate**

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

南極氷床コアに眠る古代菌類の分離
Isolation of living fungi from Antarctic ice cores

*辻 雅晴[1]
*Masaharu Tsuji[1]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所
1. National Institute of Polar Research

1500万年前の南極大陸は、現在より11℃以上気温が高く、ブナ類や針葉樹の林があったとされている(1)。現在の南極大陸に生息している菌類は、南極以外では高緯度北極やアルプス山脈、ヒマラヤ山脈など低温で樹木が生息していない地域からしか発見されていないことから、現在南極大陸に生息している菌類はそれ以降に定着したと考えられている。しかし、南極大陸に生息している菌類の起源は、大気輸送によって他の大気中微粒子（エアロゾル）と共にパタゴニア氷河から運ばれたという説もあるが、依然として不明な点が多い。というのも、菌類は死亡すると自己消化することから、化石として発見されることは殆どないため、南極大陸に生息している菌類の祖先がどこからやってきて、どのように氷点下という菌類にとって生命活動の維持が困難な環境に適応し進化してきたのかは不明なためである。

そこで本講演では、南極産菌類の起源と進化を解明するため、南極の氷床コアに眠っている古代菌類を分離する取り組みについて紹介したい。

キーワード：アイスコア、古代菌類、南極
Keywords: Ice core, Ancient fungi, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

極域アイスコアに眠る古代菌類の研究とその将来展望
Study of ancient fungi resting in the polar ice cores and its future prospects

*中澤 文男[1,2]、辻 雅晴[1]、伊村 智[1,2]
*Fumio Nakazawa[1,2], Masaharu Tsuji[1], Satoshi Imura[1,2]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies)

This study attempted to culture ancient fungi preserved in the polar ice cores dated from ~1000 to ~9000 years ago. The samples of several hundred grams of ice collected at depths of 97, 470 and 670 m from Mizuho station (70˚42'S, 44˚20'E; 2230 m a.s.l.) and at depths of 116, 141 and 169 m from Dome Fuji station (77˚19'S, 39˚42'E; 3810 m a.s.l.) in Antarctica (Fujii, 1985; Dome-F Deep Coring Group, 1998). The ages of these samples were estimated to be ~1000, ~5500 and ~9000 years for the Mizuho ice core (Nakawo et al., 1989) and ~3000, ~4000 and ~5000 years for the Dome Fuji deep ice core (Dome Fuji Ice Core Project Members, 2017) respectively. In addition, an ice core sample from Åsgardfonna in the northeastern part of Svalbard (79˚27'N, 16˚43'E; 1140 m a.s.l.) (Uchida et al., 1993) was used for the cultivation. The information on the sample depth and age were unclear. In this study, we successfully cultivated fungi from all the samples. The nucleotide sequences were obtained by DNA analyses of the strains. Many of these sequences showed low homology to those registered in the NCBI DNA database, therefore it was believed that ancient fungi were actually obtained. This suggested that the culture of ancient fungi and its DNA analysis enable to be done over time by using deep ice cores such as the Dome Fuji ice core. This allows to study the physiological ecology of ancient fungi and to use decomposition and fermentation characteristics of ancient fungi for industrial purposes. Also, DNA analyses of the ancient fungi may enable to examine the diversity of fungi with climate and environmental changes and to study the evolutionary history on fungi. In our presentation, we will introduce the results obtained and discuss the prospects and developments of the study using the ancient fungi preserved in the polar ice cores in the future.

References

1. Dome-F Deep Coring Group, Deep ice-core drilling at Dome Fuji and glaciological studies in East Dronning Maud
Land, Antarctica. Annals of Glaciology, 27, 333-337, 1998.
2. Dome Fuji Ice Core Project Members, State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from
Antarctic ice cores and climate modeling. Science Advances, 3(2), e1600446, 2017, doi:10.1126/sciadv.1600446.
3. Fujii, Y., Drilling an ice core to a depth of 700 m at Mizuho Station, Kyokuchi, 41, 29–34, 1985. (in Japanese)
Nakawo, M, H. Ohmae, F. Nishio and T. Kameda, Dating the Mizuho 700-m core from core ice fabric data. Proceedings of the NIPR Symposium on Polar. Meteorology and Glaciology, 2, 105–110, 1989.
4. Uchida, T., K. Kamiyama, Y. Fujii., A. Takahashi, T. Suzuki, Y. Yoshimura, M. Igarashi and O. Watanabe, Ice core
analyses and borehole temperature measurements at the drilling site on Asgardfonna, Svalbard, in 1993.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Memoirs of National Institute of Polar Research. Special issue, 51, 377–386, 1996.

キーワード：雪氷、微生物、古代DNA、集団遺伝学、進化、バイオテクノロジー
Keywords: snow and ice, microorganism, ancient DNA, population genetics, evolution, biotechnology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

不揮発性微粒子の昇華抽出と個別解析によるドームCおよびドームふじ氷床コア中のダストと海塩の沈着量・起源・変質過程の推定

Flux, provenance and modification of terrestrial dust and sea salt in the Dome C and Dome Fuji ice cores from Last Glacial Maximum to early Holocene by ice-sublimation and single-particle measurement of soluble and insoluble particles

*大藪 幾美[1,2]、飯塚 芳徳[3]、川村 賢二[1,4,5]、Wolff Eric[6]、Severi Mirko[7]、Hansson Margareta[8]
*Ikumi Oyabu[1,2], Iizuka Yoshinori[3], Kenji Kawamura[1,4,5], Eric Wolff[6], Mirko Severi[7], Margareta Hansson[8]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 日本学術振興会、3. 北海道大学低温科学研究所、4. 総合研究大学院大学、5. 海洋研究開発機構、6. Department of Earth Sciences, University of Cambridge、7. Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence、8. Department of Physical Geography, Stockholm University
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. Japan Society for the Promotion of Science, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 5. Japan Agency for Marine Science and Technology (JAMSTEC), 6. Department of Earth Sciences, University of Cambridge, 7. Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence, 8. Department of Physical Geography, Stockholm University

We analyzed chemical compositions of dust and sea-salt particles in the EPICA Dome C (EDC) ice core between 26 and 7kyr BP by using an ice sublimation technique, and compared the results with existing data of the Dome Fuji (DF) ice core. Combining the results of non-sea-salt Na and sea-salt Na fractions in total Na from the sublimation measurement and Na^+concentrations from ion measurement, we estimated that sea-salt flux in the two cores are roughly the same, while dust flux in the EDC core is significantly lower than that in the DF core throughout the studied period. Al/Si ratio of dust particles in the EDC core increased since around 16 kyr BP, suggesting that the average mixing ratios of minerals, presumably from different source locations, are different before and after 16 kyr BP. The composition of calcic dust also changed around 16 kyr BP; the fraction of calcium sulfate (calcic dust sulfatized during transport through lower troposphere) decreased and that of calcium nitrate (calcic dust reacted with nitric acid during transport through the middle to upper troposphere) increased. Previous studies on the mineralogy of EDC dust have suggested that dominant dust source area was Patagonia before 16 kyr BP and that multiple dust sources may have contributed thereafter (Siggaard-Andersen et al., 2007; Marino et al., 2008; Vallelonga et al., 2010).On the other hand, atmospheric model simulations have suggested that Patagonian dust is transported via lower troposphere, while Australian dust is transported via middle to upper troposphere (Li et al., 2008; Krinner et al., 2010). Thus, our data collectively confirm the dominance of Patagonian dust during the LGM and support the hypothesis of increased Australian dust contribution during the Termination and Holocene. The Dome Fuji Al/Si ratios were lower than those in the EDC core, and the fraction of calcium sulfate in the DF core are higher than those in the EDC core after around 16 kyr BP. The results suggest that Patagonian dust continued to be the dominant contributor to the Dome Fuji region after 16 kyr BP.

References

Siggaard-Andersen et al. (2007), *Earth Planet. Sci. Lett.*, *258*(1-2), 32-43.
Marino, F., (2008), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, *9*(10), Q10018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Vallelonga, P., et al. (2010), *Quat. Sci. Rev.*, *29*(1-2), 247-255.
Li, F. (2008), *J. Geophys. Res. Oceans*, *113*(D10), 573-515.
Krinner, G. (2010), *Quat. Sci. Rev.*, *29*, 274-284.

キーワード：アイスコア、南極、エアロゾル、ダスト、海塩
Keywords: Ice core, Antarctica, aerosol, dust, sea salt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浅層コアの掘削と解析による過去数千年間のドームふじ周辺における表面質量収支の地域特性

Spatial variation of surface mass balance over the last few millennia in the Dome Fuji area from the analyses of shallow ice cores

*川村 賢二[1]、大藪 幾美[1]、中澤 文男[1,2]、藤田 秀二[1,2]、山田 恭平[1]、栗田 直幸[4]、津滝 俊[5]、大野 浩[6]、杉浦 幸之助[7]、東 久美子[1,2]、本山 秀明[1,2]、阿部 彩子[5,3]
*Kenji Kawamura[1], Ikumi Oyabu[1], Fumio Nakazawa[1,2], Shuji Fujita[1,2], Kyohei Yamada[1], Naoyuki Kurita[4], Shun Tsutaki[5], Hiroshi Ohno[6], Konosuke Sugiura[7], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Hideaki Motoyama[1,2], Ayako Abe-Ouchi[5,3]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 名古屋大学、5. 東京大学、6. 北見工業大学、7. 富山大学
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Nagoya University, 5. University of Tokyo, 6. Kitami Institute of Technology, 7. University of Toyama

One of the main targets in the current Japanese Antarctic program is to identify the drilling site for the oldest ice around Dome Fuji. The site selection activities (during JARE 59 and 60 summer seasons) include national and international ice-penetrating radar surveys, four shallow ice corings, and firn air sampling at one site. In this presentation, we report the shallow drillings and their analytical results for DEP (dielectric profiling) for deducing spatial differences of accumulation rate among the shallow drill sites.

During the JARE 59 surveys (2017-2018), the first core was drilled at 55 km south of Dome Fuji (New Dome Fuji; NDF) to the depth of 151.9 m, second one was drilled at 40 km southeast of Dome Fuji (DFSE) to 41 m, and third one was drilled at 30 km northwest of Dome Fuji (DFNW) to 41 m. The DEP of these cores were analyzed in summer 2018 at the NIPR cold laboratory, and major volcanic signals were identified back to 13thcentury for all three cores. During the JARE 60 surveys (2018-2019), we set up one base camp 5 km north of NDF (~50 km south of Dome Fuji) (NDFN) and drilled a shallow core to 142 m. The DEP analyses will be conducted for detecting volcanic signals along the core.

We also found a visible 20-mm-thick volcanic ash layer at 118.9 m in the NDF core, and a 10-mm-thick layer at 122.18 m in the NDFN core. Visible ash layers from probably the same origin have also been found in the Dome C (< 1-mm-thick layer at 132.6 m) and Vostok (~30-mm-thick layer at 103.04 m) ice cores. These ash layers were dated at 3500–3600 years before present (Basile et al., 2001; Kohno et al., 2004). On the other hand, volcanic ash layer was not found in the first Dome Fuji deep ice core (Narcisi et al., 2005) but in the second Dome Fuji deep ice core at 133.6 m.

The DEP and in-situ density data are used to date the horizons by comparing the DEP peaks to published

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

volcanic data sets from several ice cores including the WAIS Divide core (Sigl et al., 2014), and to deduce surface mass balance between the volcanic signals for the three cores from JARE 59.

We identified 6 volcanic signals to 40-m depth and 12 signals to ~150-m depth (from the DF and NDF cores). We also use the data from the previously drilled cores (e.g. one from 6-km south of DF drilled in JARE 52, and one from 195-km south of DF in JARE 54) to discuss spatial patterns of accumulation rate from the corings. In the near future, the data will be combined with shallow ice-radar data from the JARE 60 international surveys to expand the spatial estimate of accumulation rate over the Dome Fuji area.

キーワード：アイスコア、火山灰、南極、ドームふじ
Keywords: Ice core, Volcanic ash, Antarctica, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

完新世初期の軌道要素に対する全球非静力学大気モデルの感度実験
Sensitivity of global nonhydrostatic atmospheric model to changes in orbital forcing for the early Holocene

*千喜良 稔[1]、阿部 彩子[1]、佐藤 正樹[1]
*Minoru Chikira[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Masaki Satoh[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

様々な種類の広域的な地質データが、完新世初期から中期にかけてアジアとアフリカで夏季の温暖化および湿潤化の整合的なパターンを示している。この時期の軌道要素に対する気候モデルの応答を調べた過去の多くの実験は、共通してアジアおよびアフリカモンスーンの強化を示しており、これらのデータの定性的な解釈に成功してきた。本研究は、近年、気候研究にも利用可能になりつつある全球非静力学モデルを用いることで、この時期の気候の議論に新しい光を当てることを目指している。本研究で用いるモデルは、日本の気象学グループによって開発されたNICAM（Nonhydrostatic ICosahedoral Atmospheric Model）である。このモデルは、積雲パラメタリゼーションを使用せず、適切な解像度のもとでは積雲を直接解像することに特徴がある。本研究ではコンピューター資源の都合により、NICAMを水平解像度56kmで使用する。この解像度ではモデルは積雲を解像しないが、先行研究により、このような解像度でも、より高い解像度によるシミュレーション結果と似た振る舞いをし、現実的な平均場と変動を得ることができることが確認されている。実験は海洋混合層モデルと結合して行われ、軌道要素は9000年前の値を用いた。積分は５年間行っている。現在気候実験における季節平均の降水量は大きく過大評価されているが、ITCZの位置や降水のピークの位置は観測と非常によく合っている。とりわけ、チベット高原の急峻な地形を表現するのに十分な水平解像度を有することから、チベット高原南端に沿った東西に延びる細い降水帯をよく再現している。9000年前の実験においては、先行研究と同様に、アフリカのITCZの北上が見られる。アジアにおいては、チベット高原南端に沿った降水が顕著に増加している。またインド洋でも降水が増加している。チベット高原とインド洋の間の緯度帯では、インドとインドシナ半島の領域で帯状に降水が弱化する地域が見られる。本研究で用いた全球非静力学モデルは、積雲を直接解像するには十分ではないが、これまでの全球モデルでは十分に表現されていなかった地形の構造をよく表現し、それが降水にもたらす影響を評価でき、地域スケールの地質学的データの空間分布を議論するのに有用であると期待される。

キーワード：古気候、気候モデル、完新世
Keywords: Paleoclimate, Climate model, Holocene

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Roles of sea ice–surface wind feedback in maintaining contrasting modes of glacial Atlantic meridional overturning circulation and climate

*シェリフ多田野 サム[1]、阿部 彩子[1]
*Sam Sherriff-Tadano[1], Ayako Abe-Ouchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

During the glacial period, climate varied on millennial-time scale between two contrasting modes. These climate changes are often associated with drastic reorganizations of North Atlantic sea ice and Atlantic meridional overturning circulation (AMOC). However, processes affecting the periodicity of AMOC and climate variability remain unclear. Here, through performing simulations with a comprehensive climate model, we show that sea ice and associated changes in surface winds play a key role in maintaining the contrasting modes of AMOC and climate. Experiments highlights the importance of the suppression of atmosphere-ocean heat exchange by sea ice in inducing a weakening of surface winds. The surface wind anomaly then causes a reduction of salt transport and weakens AMOC, which triggers further expansion of sea ice. Our results show that sea ice–surface wind interactions over the North Atlantic plays an important role in inducing the long periodicity of the climate variability.

キーワード：数千年の気候変動、海氷-風相互作用、大西洋子午面循環
Keywords: millennial time-scale climate variability, sea ice-surface wind interaction, AMOC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 201B 2F

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)、座長:阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、シェリフ多田野 サム(東京大学)

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

13:45 ~ 14:00

[ACC26-13] ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2] (1.東京大学大気海洋研究所、2.JAMSTEC、3.国立極地研究所)

14:00 ~ 14:15

[ACC26-14] 珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2] (1.九州大学大学院理学研究院、2.九州大学理学府)

14:15 ~ 14:30

[ACC26-15] Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋開発研究機構)

14:30 ~ 14:45

[ACC26-16] 次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算

★招待講演

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構、3.国立極地研究所、4.ノルウェー極地研究所、5.総合研究大学院大学、6.北海道大学低温科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACC26-17] International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11] (1.大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2.総合研究大学院大学 （SOKENDAI） 極域科学専攻、3.アラバマ大学、4.東京大学大気海洋研究所、5.カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6.ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7.北海道大学低温科学研究所、8.北見工業大学、9.日本学術振興会、10.海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11.富山大学)

15:00 ~ 15:15

[ACC26-18] 室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3] (1.長岡技術科学大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学)

ダンスガードオシュガー振動と急激な気候変化のメカニズム
Simulated Dansgaard-Oeschger like oscillations and abrupt climate changes

*阿部 彩子[1,2,3]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]、小長谷 貴志[1]、吉森 正和[1]、岡 顕[1]、川村 賢二[3]、大垣内 るみ[2]
*Ayako Abe-Ouchi[1,2,3], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1], Takashi Obase[1], Masakazu Yoshimori[1], Akira Oka[1], Kenji Kawamura[3], Rumi Ohgaito[2]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. JAMSTEC、3. 国立極地研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. JAMSTEC, 3. National Institute of Polar Research

During the last termination of ice age cycle (deglaciation), Heinrich event 1 as well as B/A, Antarctic Cold Reversal (ACR) and Younger Dryas occurred as millennial scale climate changes. On the other hand, millennial scale climate changes such as D-O cycles recorded in ice core and deep sea cores in both hemisphere seem to occur more frequently during the mid-glacial state than during the early or late glacial state. Here we ran several sensitivity experiments and deglaciation simulations using a coupled atmosphere and ocean GCM (MIROC4m AOGCM) developed in Japan and analyzed the stability of AMOC and climate. Many model experiments were run for longer than10000 years under many different conditions of constant Greenhouse Gas levels, obliquity with/without glacial ice sheet and with and without freshwater flux into North Atlantic region. The results show large self-sustained oscillation of AMOC and high latitude temperature change similar to D-O cycles, which are consistent with ice core data and deep-sea data in both low and high latitude. Furthurmore, the results imply that both Northern Atlantic ocean-atmosphere-sea ice coupled system and Southern Ocean are important to maintain the oscillation with periodicity longer than 2000 years, for which we propose “Bipolar thermohaline oscillation” as its mechanism. We show that the D-O like oscillation occur with Glacial ice sheets under limited range of CO2, obliquity, and freshwater forcing. Implication on the mechanism and the conditions of the millennial scale climate changes for the past time period is discussed.

キーワード：気候、氷期サイクル、北大西洋子午面循環
Keywords: Climate, Ice age cycle, Atlantic Meridional Overturning Circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

珪藻活動を導入したモデルによる氷期サイクルの振幅、周期変化の再現

Reproduction of the increasing amplitude and period in the glacial cycles using a model incorporating diatomaceous activity.

*赤木 右[1]、長谷川 貴大[2]
*Tasuku Akagi[1], Takahiro Hasegawa[2]

1. 九州大学大学院理学研究院、2. 九州大学理学府
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Kyushu University, 2. Graduate School of Science, Kyushu University

The mode changes in the glacial cycle, smaller amplitudes with 20 kyr periods before 2.7 BP; medium amplitudes with 40 kyr periods between 2.70 and 1 Ma BP; greater amplitudes with around 100 kyr periods after 1 Ma BP, remain unanswered.

Carbon cycling is closely coupled with silicon cycling in the Earth surface. Oceanic silica is supplied from weathering of terrestrial matter, which depends on the atmospheric pCO_2. The atmospheric pCO_2, in turn, is influenced by the diatomaceous biological pump. Silicon can be a crucial driver of the Earth surface environment. Oceanic silica is removed by the burial of amorphous silica produced by diatoms. We have reported that the non-linear dissolution behavior of diatom frustules, where greater diatomaceous production tends to suppress dissolution of dissolved silica forming greater-sized frustule-aggregates.

Here we have developed a numerical model expressing the carbon and silicon cycling in the Earth surface, with diatomaceous biological pump and the non-linear dissolution behavior of diatom frustules being introduced.

The results of the model runs show interesting outcomes: when the amount of circulating carbon is reduced with time, both the amplitude and period of atmospheric pCO_2increase with time. When the insolation changes by Milankovitch forcing were loaded on the model temperature, the mode changes are successfully reproduced.

We propose that the glacial cycles may be understood by the coupling of ice-sheet dynamics and change in the oceanic Si inventory.

キーワード：氷期サイクル、周期振幅変化、ケイ素循環、珪藻活動
Keywords: the glacial cycles, amplitude and period, silicon cycling, diatom activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of an Ice Sheet Model coupled General Circulation Model and application of Energy Balance Model on the estimation of Ice Sheet mass balance

*大石 龍太[1]、阿部 彩子[2,1]、齋藤 冬樹[2]、小長谷 貴志[1]
*Ryouta O'ishi[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1], Fuyuki SAITO[2], Takashi Obase[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋開発研究機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the Universitoy of Tokyo, 2. JAMSTEC

A sea level rise is an important topic in a future climate projection. In the past warm period known as the Last Interglacial (LIG), paleoevidences indicate sea level rise of several meters. Paleoclimate modeling community applies past GCM results on ice sheet models and tries to reproduce past sea level rises.
We designed a coupling procedure between an ice sheet model and a general circulation model and are planning to introduce a surface mass balance of ice sheet not only by a typicall empirical method called PDD (Positive Degree Days) but also surface mass balance on the ice sheet as an upper boundary condition. The PDD only refers the surface atmosphere temperature and snowfall. In the present study, we use a process-based land surface model MATSIRO to estimate surface mas balance forced not only by temperature and snowfall but also by other surface variables including shortwave and longwave radiation. We compare the characteristics of resultant ice melt amount from PDD and MATSIRO to evaluate the inclusion of process-based heat and water balance instead of empirical equation.
We apply this procedure on the estimation of Grennland mass balance in the LIG.

キーワード：氷床、質量収支、大循環モデル
Keywords: ice sheet, mass balance, grneral circulation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

次期南極深層コア掘削候補地選定のための氷床モデル計算
An ice-flow modeling study for evaluation of sites for and oldest ice core around Dome Fuji, Antarctica

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、齋藤 冬樹[2]、津滝 俊[1]、藤田 秀二[3]、松岡 健一[4]、川村 賢二[3,5,2]、Greve Ralf[6]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Fuyuki SAITO[2], Shun Tsutaki[1], Shuji Fujita[3], Kenny Matsuoka[4], Kenji Kawamura[3,5,2], Ralf Greve[6]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 国立極地研究所、4. ノルウェー極地研究所、5. 総合研究大学院大学、6. 北海道大学低温科学研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 4. Norwegian Polar Institute, 5. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 6. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The recovery of a new Antarctic ice core to cover one million years will advance our understandings of the Quaternary climate. Previous ice flow modeling studies indicate that such old ice may exist in inland areas of the Antarctic continent, where horizontal ice flow is slow, the ice is thick, accumulation rate is low, basal temperature is well below the pressure melting point (Pattyn 2010; Fischer et al. 2013). We have been analyzing the field data taken by 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017-2018) and conducting ice flow modelings as the essential parts of the site selection activities. In the present study, we show results of ice flow modeling to estimate the temperature and age of ice, and age resolution of the ice near the bed at a dome of the ice sheet. We use an one-dimensional ice flow-thermodynamic model, in which the vertical velocity of the ice is parameterized with empirical functions applied to the area near ice sheet domes. At first, the calculated age and temperature profiles of the ice are compared with depth-age profile of the Dome Fuji ice core and borehole temperature at Dome Fuji to assess the model performance for our purposes. Next, we investigate the influence of parameters (ice thickness, accumulation rate, geothermal heat flux, profile of vertical velocity of the ice) on the age of ice especially in the lowest few hundred meters. The results indicate that a fine resolution of oldest ice (~age of 1.0 Ma before present) is expected from a thick ice and a low accumulation, but the thick ice increases the chance of basal melting. The one-dimensional model is applied to the vicinity of Dome Fuji along the transect of JARE 59 surveys, using estimated ice thickness and simplified pattern of surface mass balance and geothermal heat flux. The calculated distribution of the age of ice are compared with internal layers of the ice (isochrone) derived from ground radar surveys. The calculated age of ice roughly follows observed internal layers of ice, and a smaller accumulation near NDF compared to Dome Fuji increases the agreement between calculated age of ice and internal layers of ice.

キーワード：南極氷床、アイスコア、モデリング、ドームふじ
Keywords: Antarctic ice sheet, ice core, modeling, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

International studies of ice sheet and bedrock at Dome Fuji, East Antarctica

*藤田 秀二[1,2]、川村 賢二[1,2,10]、Gogineni Prasad[3]、阿部 彩子[4]、Braaten David[5]、Gallet Jean-Charles[6]、Isaksson Elisabeth[6]、van Liefferinge Brice[6]、松岡 健一[6]、O'Neill Charles[3]、Paden John[5]、Rodriguez-Morales Fernando[5]、Taylor Ryan[3]、津滝 俊[4]、Yan Jie-Bang[3]、東 久美子[1,2]、Greve Ralf[7]、Hudson Stephen[6]、Kohler Jack[6]、Kolpuke Shriniwas[3]、Linfeng Li[3]、Moholdt Geir[6]、本山 秀明[1,2]、中澤 文男[1]、小長谷 貴志[4]、大野 浩[8]、大藪 幾美[9,1]、齋藤 冬樹[10]、杉浦 幸之助[11]
*Shuji Fujita[1,2], Kenji Kawamura[1,2,10], Prasad Gogineni[3], Ayako Abe-Ouchi[4], David Braaten[5], Jean-Charles Gallet[6], Elisabeth Isaksson[6], Brice van Liefferinge[6], Kenny Matsuoka[6], Charles O'Neill[3], John Paden[5], Fernando Rodriguez-Morales[5], Ryan A. Taylor[3], Shun Tsutaki[4], Jie-Bang Yan[3], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Ralf Greve[7], Stephen Hudson[6], Jack Kohler[6], Shriniwas Kolpuke[3], Linfeng Li[3], Geir Moholdt[6], Hideaki Motoyama[1,2], Fumio Nakazawa[1], Takashi Obase[4], Hiroshi Ohno[8], Ikumi Oyabu[9,1], Fuyuki Saito[10], Konosuke Sugiura[11]

1. 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学 （SOKENDAI） 極域科学専攻、3. アラバマ大学、4. 東京大学 大気海洋研究所、5. カンザス大学 氷床リモートセンシングセンター、6. ノルウェー極地研究所 ノルウェー、7. 北海道大学低温科学研究所、8. 北見工業大学、9. 日本学術振興会、10. 海洋科学研究機構 (JAMSTEC)、11. 富山大学
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems(ROIS), 2. Department of Polar Science, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Japan, 3. The University of Alabama, USA, 4. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, Japan, 5. CReSIS, University of Kansas, USA, 6. Norwegian Polar Institute, Norway, 7. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Japan, 8. Kitami Institute of Technology, Japan, 9. JSPS, Japan, 10. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Japan, 11. University of Toyama, Japan

Climatic histories from about 800 kyr BP up to present have been studied using very deep ice cores drilled at dome summits in East Antarctica at Dome Fuji and Dome C. Knowledge gained from ice cores studies are crucial to understand the past and present climate and to predict the impacts of future climate changes. International Partnership for Ice Core Sciences (IPICS) identified that ice cores covering ages of the mid-Pleistocene Transition are necessary step to better understand climate dynamics. Multiple ice cores older than 1 M yrs BP are necessary. Dome Fuji area in East Antarctica is one of the candidate areas where we may be able to find very old ice core near the bottom of the ice sheet. Japanese Antarctic Research Expedition (JARE) has conducted deep ice coring at Dome Fuji twice in the past decade. They recovered ice cores covering ages up to about 720 kyr BP. At the same time, they have accumulated radar sounding data in this area. Alfred Wegener Institute (AWI), Germany, made an extensive airborne radar survey in 2016/2017 season covering Dom Fuji with a basic survey line spacing of 10 km. In the following season of 2017/2018, JARE also made ground-based radar surveys over a distance of 2950 km with a line spacing of 5 km or less. Based on results of these surveys, we conducted a more detailed radar surveys at Dome Fuji in 2018/2019 season as a collaborative research between University of Alabama, the University of Kansas, National Institute of Polar Research under Research Organization of Information and Systems (Japan), and Norwegian Polar Institute. Norwegian Polar Institute joined also collaborating on these efforts with the European framework of Beyond EPICA - Oldest Ice (BE-OI). We used two state-of-the-art radars: A wideband radar ice sounder developed by CReSIS, University of Kansas and ultra-wideband radar developed by University of Alabama. In addition, we used a classical pulse-modulated VHF radar of JARE with high gain antennas. Using a traverse team of JARE and its snow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

vehicles, we investigated along 2,700 km in an area of about 1,000 km^2. Final spacing between survey lines varied between 0.5 km and 0.25 km. The surveys were completed by the end of December, 2018. We will present preliminary results from these surveys. Preliminary quick-look results indicate that we collected an excellent radar data set with very good layering information including the bottom 10% of the ice. The data will be examined to identify candidate locations to drill very old ice.

キーワード：南極、アイスコア、氷床、レーダ、古気候、気候変動
Keywords: Antarctica, ice core, ice sheet, radar, paleoclimate, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験から探る氷期氷の速い変形の原因
Possible cause for rapid deformation of ice from glacial periods, investigated from laboratory-based deformation experiments and microstructural observations

*猿谷 友孝[1]、高田 守昌[1]、本間 智之[1]、東 信彦[1]、東 久美子[2,3]
*Tomotaka Saruya[1], Morimasa Takata[1], Tomoyuki Homma[1], Nobuhiko Azuma[1], Kumiko Goto-Azuma[2,3]

1. 長岡技術科学大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学
1. Nagaoka University of Technology, 2. National Institute of Polar Research, 3. SOKENDAI (The Graduate University for Advaced Research)

Deformation mechanism of coarse-grained polycrystalline ice is well investigated by various experiments. However, the deformation of ice-sheet ice is complicated by various factors such as local distributions of impurities and mechanical anisotropies. Detailed analyses of ice cores have revealed that ice from glacial periods (ice-age ice) that has highly-concentrated impurities and small grains deforms rapidly compared with ice from Holocene. Although the causes of the rapid deformation in ice-age ice have been discussed in various studies, the detailed mechanism remains unclear.
The deformation rate in ice sheets is extremely slow; therefore, ice-sheet ice deforms under low dislocation density state. To replicate such deformation mechanism in laboratory experiments, we prepared fine-grained ice which has much grain boundaries. Since grain boundaries can act as sinks of dislocations, a low dislocation density state is kept during deformation like ice sheets.
To investigate the cause of rapid deformation of ice-age ice, we conducted deformation experiments and microstructural observations using artificial ice, with focusing on the influences of microparticles and grain size (grain boundaries). We made pure ice, and silica-dispersed ice with particle diameters of 0.3 μm and mass concentrations of 0.1 and 0.01 %. For the investigation of grain-size-sensitivity of deformation, various-sized ice (mean grain size with 30 μm –2 mm) was prepared.
Our experimental results revealed different trends for softening and hardening effect due to microparticles dispersion, grain-size-sensitivity, and microstructural evolutions during deformation in fine- and coarse-grained ice. Silica-dispersed ice with coarse grains indicated a hardening trend compared with pure ice, while little direct effect on the deformation in fine-grained ice. Grain-size-sensitivity was appeared only in fine-grained ice: the strain rates become larger at finer grains.
In this presentation, we discuss the possible cause for the rapid deformation of ice-age ice based on systematic deformation experiments and microstructural observations.

キーワード：氷床流動、結晶組織、微粒子
Keywords: ice-sheet flow, microstructure, microparticles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

[ACC26-P01] 中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.総合地球環境学研究所、5.アイダホ大学、6.中央アジア地球物理研究所)

[ACC26-P02] 走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所 、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.アバンナット北極プロジェクト、6.東京大学生産技術研究所 、7.アウストラル大学 、8.岡山大学自然科学研究科)

[ACC26-P03] グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.長岡技術科学大学、4.コペンハーゲン大学)

[ACC26-P04] 連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2] (1.情報・システム研究機構 国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.山形大学、5.ウェザーニューズ)

[ACC26-P05] A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構、5.ノルウェー極地研究所、6.北見工業大学、7.日本学術振興会、8.富山大学)

[ACC26-P06] Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P07] Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[ACC26-P08] A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P09] ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学)

[ACC26-P10] 地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析
Pollen analysis of ice cores drilled in the Pamir-Arai Mountains, central Asia

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6]

*Haruka Ogaya[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[4], Vladimir Aizen[5], Azamat Osmonov[6]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. アイダホ大学、6. 中央アジア地球物理研究所
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. University of Idaho, 6. Central Asian Institute of Applied Geo-Science

山岳氷河から掘削されたアイスコアには，氷河周辺の植生から氷河に飛来した花粉が比較的豊富に含まれている．花粉は特定の季節に氷河上へ飛来することや，その種構成は周辺植生や卓越風を反映することから，アイスコアの年層決定や周辺地域の植生のプロキシーとして利用されている．本研究では，2016年に中央アジア，パミールアライ山域の氷河で掘削されたアイスコアでの花粉分析の有効性を検討するため，浅層アイスコアと積雪ピットに含まれる花粉の分析を行った．酸素安定同位体を基に決定したアイスコアの年層と比較することによって，この氷河に飛来する各種の花粉の季節シグナルを明らかにすることを目的とした．

アイスコアは，氷河上の標高5300 mのSite1と標高5208 mのSite2の2ヵ所で掘削された．それぞれのサイトの深さ約７mのアイスコアおよびピットサンプルを分析した結果，酸素安定同位体は周期的な変動を示した．この変動を季節シグナルとし，同位体比の極小値を境界として年層決定を行った結果，Site1とSite2のアイスコアはそれぞれ約8年分と9年分の年層を含むことがわかった．顕微鏡分析の結果，アイスコア中には，ヒノキ科，ヨモギ属，アカザ科，マツ科，カバノキ科，マオウ属の合計6種類の花粉が含まれていることが明らかになった．花粉の平均濃度は，Site1とSite2ともにヒノキ科の花粉が最も高く（2.20，2.62 grains/ml(74,67%)，次にヨモギ属花粉（0.65, 1.06 grains/ml(22, 27%)），続いてアカザ科花粉，マツ科花粉であった.アイスコア中の花粉濃度の深度プロファイルには，複数のスパイク状のピークがみられた．ピークの現れる深度は種によって異なり，ヨモギ属とアカザ科は概ね同じ深度で現れ，その下部にヒノキ科のピークが現れることがわかった．ヨモギ属とアカザ科のピーク深度は，同位体比の極大値の深さと概ね一致したことから，これらの花粉は主に夏季から秋季にかけて供給され，その下層でみられたヒノキ科は春季から夏季にかけて供給されていることがわかった．ただし，年によってピークが現れない花粉種があることや，飛来花粉量が２つのサイトで必ずしも一致しなかった．これは，氷河表面の融解の影響や花粉飛来量の場所による違いのためと考えられる．以上の結果から，このアイスコアには分析に十分な花粉が含まれていること，また条件はあるが花粉を用いて年層決定や植生復元が可能であることがわかった．

キーワード：山岳氷河、アイスコア、花粉、パミールアライ山域、中央アジア
Keywords: Mountain glaciers, Ice core, Pollen, Pamir Arai Mountains, Central Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

Variations in mineralogy of dust in the Greenland SIGMA-D ice core over the past 100 years using SEM

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1]
*Naoko Nagatsuka[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Akane Tsushima, Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Koji Fujita[4], Tetsuhide Yamasaki[5], Yukihiko Onuma[6], Masahiro Minowa[7], Teruo Aoki[8], Motohiro Hirabayashi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学低温科学研究所 、4. 名古屋大学大学院環境学研究科、5. アバンナット北極プロジェクト、6. 東京大学生産技術研究所 、7. アウストラル大学 、8. 岡山大学自然科学研究科
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 5. Avangnaq Arctic Project Corp., 6. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7. Universidad Austral de Chile, 8. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

極地に分布する氷河や氷床の上には，周囲の土壌や遠方の砂漠などを起源とする風送ダストが堆積し，毎年涵養域の雪の層の中に保存される．したがって，氷床上に保存されているダストをアイスコアとして取り出して分析すれば，過去に氷床上に堆積したダストの変動を明らかにでき，さらには氷床上へのダストの輸送経路や供給源となる場所の変動を明らかにできる可能性がある．しかしながら，氷床上ダストの分析はまだ限られており，特にダスト濃度が低い間氷期の変動については詳細がほとんど明らかになっていない．本研究では，微量でも分析が可能な走査型電子顕微鏡（SEM）およびエネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いてグリーンランド氷床で掘削されたアイスコア試料中の鉱物ダストの同定，形態観察および化学成分分析を行い，過去100年間の変動を明らかにすることを目的とした．また，得られた結果を過去の環境変動のデータと比較することで，ダストの起源の変化やその要因についても考察した．

観察を行ったのは，グリーンランド氷床北西部（SIGMA-D，N77˚38’, W59˚07’, 2100 m a.s.l，Matoba et al. 2015）において2014年5月に掘削された長さ222.72 mアイスコアに含まれる鉱物ダストである．本研究では，そのうち深さ0 –40.09 mの部分を用いて観察を行った．水素同位体比分析，トリチウム分析，および化学成分分析を用いて行われた年層決定の結果から，これらのサンプルは1910年から2014年までの約100年分に相当することがわかっている．また，これまでに行われたCFA（Continuous Flow Analysis）分析の結果から，SIGMA-Dアイスコアに含まれるダスト由来の化学成分は著しく低い濃度を示したが，その濃度は時間によって変動することが明らかになった．そこで，本研究では5年ごとに各層のサンプルをまとめ，1サンプルにつき150粒子を無作為に選んで観察し，その時間変化を明らかにすることとした．サンプルは凍結乾燥した後にメンブレンフィルター上に捕集し，白金蒸着したものを観察した．また，エネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いて，鉱物ダスト表面の化学組成を分析し，形態情報と合わせてその種類を同定した．サンプルの観察は，国立極地研究所の走査型電子顕微鏡(QUANTA FEG 450)を用いて行った．

観察の結果，アイスコアサンプルにはいずれも平均1-3μmの粒径を持つ鉱物ダストが含まれていた．これは先行研究でアジアの砂漠由来であることが報告されているグリーンランド内陸域のアイスコアダストの粒径に一致することから，SIGMA-Dコアにも主に長距離輸送されたダストが供給されていると考えられる．次にEDSを用いた表面化学成分分析の結果，アイスコア中には主にSiを主成分とするケイ酸塩鉱物，特に粘土鉱物が卓越していることがわかった．しかしその組成はサンプル間で異なり，たとえば化学風化（カオリナイト）と物理風化（雲母類，緑泥石）で形成された鉱物の組成が10-15年周期で逆センスの変動を示した．このことから，アイスコア中の鉱物は異なる地質由来の複数の起源から供給されており，起源となる場所が周期的に変化している可能性が示唆された．さらに，石英と長石は1920-1945年および1990-2013年のサンプルに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多く含まれていた．この2つの鉱物は粘土鉱物に比べて粒径が大きく，一般に近距離輸送の指標としても利用されている．過去の気温データとの比較の結果，1910-1945年および1990年以降はグリーンランドも含め全球で気温が高くなっていたことから，温暖な時期には氷床末端周辺の堆積物からも鉱物が供給されていた可能性があることがわかった．

キーワード：鉱物ダスト、アイスコア、グリーンランド、走査型電子顕微鏡
Keywords: mineral dust, ice core, Greenland , SEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状
Size and shape of solid particles in a Greenland ice core

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4]
*Wataru Shigeyama[1,2], Kumiko Goto-Azuma[2,1], Kaori Fukuda[2], Fumio Nakazawa[2,1], Morimasa Takata[3], Tomoyuki Homma[3], Nobuhiko Azuma[3], Dorthe Dahl-Jensen[4]

1. 総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2. 国立極地研究所、3. 長岡技術科学大学、4. コペンハーゲン大学
1. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), School of Multidisciplinary Sciences, Department of Polar Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. Nagaoka University of Technology, 4. University of Copenhagen

氷床コアに含まれる不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，その微粒子の起源地域，輸送経路，風速等の指標として過去の環境復元に用いられている．この不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，一般的に融解液中の粒子による光の散乱・遮蔽や融解液の電気伝導度の変化から調べることが多いが，微粒子の氷床コア試料内部における存在状態や形状に着目した研究は少ない．しかし，例えばBarnes et al. (2002)，Lambert et al. (2008)，Simonsen et al. (2018)は，固体微粒子が氷の中で凝集していることや形状が多様であることを報告している．より詳細な環境復元のためには，固体微粒子の濃度や粒径だけでなく，凝集の状態や形状を明らかにすることが重要である．

我々は，氷床コアに含まれる固体微粒子の氷の中での存在状態と形状を明らかにするため，クライオ走査型電子顕微鏡（SEM）によって固体微粒子を氷試料の中で直接分析した．NEEM（North Greenland Eemian Ice Drilling）計画で掘削されたグリーンランド氷床コアの124 m（完新世），1548 m（最終氷期）および2406 m（最終間氷期）に含まれる固体微粒子の観察から，多くの固体微粒子が氷の中で凝集しており，凝集体を形成する個々の粒子（個別粒子）は扁平であること（短軸／長軸比：0.4-0.8）が明らかになった．また，凝集体と個別粒子の粒径は対数正規分布に近い分布を示しており，凝集体は完新世・最終間氷期で最終氷期より大きい（中間値：完新世4.5 μm，最終間氷期5.9 μm，最終氷期2.2 μm）ことがわかった．本研究から得られた知見は，固体微粒子から過去の環境を正確かつ詳細に復元するために必要な情報である．

参考文献

Barnes, P.R.F. et al., 2002, Ann. Glaciol. 35. pp 559-566

Lambert, F. et al., 2008, Nature. 452. pp 616-619

Simonsen, M.F. et al., 2018, Clim. Past. 14. pp 601-608

キーワード：固体微粒子、粒径分布、粒子形状、凝集、クライオSEM、NEEMアイスコア
Keywords: solid particles, size distribution, particle shape, aggregate, cryo-SEM, NEEM ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析
Methane concentration measurements of the Dome Fuji ice core using Continuous Flow Analysis system

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2]
Ikumi Oyabu[1], Miho Arai[1,4,5], *Kenji Kawamura[1,2,3], Kyotaro Kitamura[1], Jun Ogata[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 山形大学、5. ウェザーニューズ
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Yamagata University, 5. Weathernews Inc.

At the National Institute of Polar Research (NIPR), Continuous Flow Analyses (CFA) system has been developed. In addition to the measurements of melt water (e.g. water isotopes, micro-particles and major ions), the enclosed air is extracted from the water stream and measured for methane (CH_4) concentration by a customized Cavity Ring-Down Spectrometer (CRDS) (Picarro G2301). The CFA system provides data at much higher resolution than classic discrete measurements, which can improve our knowledge and understanding of past climatic variations.

The CH_4 concentration measured by CFA is affected by several factors, impacting precision, accuracy and resolution. The factors include dissolution of CH_4 in meltwater and its imperfect extraction, sample mixing and smoothing in sample lines, and contamination by room air intrusion into the system at the interface between ice samples. The magnitudes of these effects have been investigated, and the data are corrected accordingly. Here, we report the results of various tests for assessing the performance of our CFA for CH_4 measurement. Furthermore, the results of the measurement campaigns of the Dome Fuji ice core, covering the 8.2-kyr cooling event and a part of the last deglaciation, will also be presented.

キーワード：連続融解分析、アイスコア、メタン、ドームふじ
Keywords: Continuous Flow Analysis, Ice core, CH4, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8]
*Shun Tsutaki[1], Takashi Obase[1], Shuji Fujita[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Kenji Kawamura[2,3,4], Kenichi Matsuoka[5], Hiroshi Ohno[6], Ikumi Oyabu[2,7], Fumio Nakazawa[2], Konosuke Sugiura[8]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構、5. ノルウェー極地研究所、6. 北見工業大学、7. 日本学術振興会、8. 富山大学
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Norwegian Polar Institute, 6. Kitami Institute of Technology, 7. Japan Society for the Promotion of Science, 8. University of Toyama

Drilling a deep ice core extending 1.5 million years (Ma) back in time is crucial to better understand the transition in the periodicity of the glacial cycles changed from 40 kilo year (ka) to the current 100 ka during the mid-Pleistocene transition (0.9–1.2 Ma). However, continuous ice core records more than 1 Ma have not been retrieved in the Antarctic ice sheet. Sufficient knowledge of the basal topography is crucial to modify numerical experiments that may provide a continuous record of past mechanisms of climate change. A ground-based radar survey was conducted over an area of 20000 km^2 with a line spacing of 5 km in the Dome Fuji area in the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017–2018 Antarctic summer). In this study, we analyze the JARE 59 radar data to construct an improved map of basal topography in the Dome Fuji region to progress the identification of a suitable drilling site at the region.

キーワード：南極氷床、基盤地形、レーダー
Keywords: Antarctic ice sheet, Basal topography, Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1]
*Fuyuki SAITO[1], Takashi Obase[2], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Generally the evolution of ice-sheet thickness, temperature and age in an ice-sheet model are formulated using the transport or advection equation. There are many variation of the formulation, which differ in numerical aspects such as stability, accuracy, numerical diffusivity, conservation and/or computational costs.
Rational Constrained Interpolation Profile scheme (RCIP, Xiao et al. 1996) is a variation of semi-Lagrangian scheme, which has properties in suppressing numerical oscillation and diffusion near large gradients.
In this study, RCIP scheme is implemented on 1d age computation of ice sheet, which is a typical numerical study of ice-core related topics. Comparison with the results of RCIP scheme and those of classical upwind scheme shows that the former keeps fine information (i.e., surface mass balance) recorded at the deposit.

キーワード：氷年代計算
Keywords: Ice core dating simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

During the last deglaciation, a major global warming was punctuated by abrupt climate changes related to Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). However, abrupt climate change associated with a rapid increase in the AMOC during Bølling-Allerød (BA) transition was reproduced only by applying a reduction in glacial meltwater, which is not inferred from reconstructions. Here we show that an abrupt increase in the AMOC during the BA transition can occur without reduction in glacial meltwater, from a transient simulation of the last deglaciation using an atmosphere-ocean general circulation model. The abrupt increase in the AMOC accompanied with drastic retreat of sea ice in the North Atlantic, abrupt warming in Greenland, cooling of the Southern Hemisphere, that are consistent with proxies and previous modeling studies. Model-data comparison at specific sites will be presented to evaluate simulated climate changes of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1]
*Rumi Ohgaito[1], Tomohiro Hajima[1], Akitomo Yamamoto[1], Hiroaki Tatebe[1], Michio Kawamiya[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, Univ. Tokyo

We are performing numerical experiments targeting distinctive time period of the past, Last Glacial Maximum (LGM, 21,000 years before present), using MIROC-ES2L. MIROC-ES2L is a newly developed earth system model (ESM) (Hajima et al. in prep.) including atmosphere, ocean, land, and ocean and land biogeochemical cycles in order to contribute Coupled Model Intercomparison Project phase 6 and Intergovernmental Panel on Climate Change 6th assessment report.
Testing climate models using paleoclimate experiments is an irreplaceable opportunity on evaluation of models to simulate climate change significantly different from the present day. In this presentation, we describe how we simulate the LGM experiment, compare with paleo-proxy data and discuss which component contributed for the realization of the LGM climate.
Following protocol of Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 4 (Kageyama et al. 2017), we are performing a LGM experiment. Because the LGM condition is significantly different from the present day, long spin-up is essential. Hence, before the model development is finalized, we started spin-up using the physical core (Atmosphere-Ocean coupled general circulation model) of MIROC-ES2L. Firstly, an experiment is branched from pre-industrial control (PI) experiment and the greenhouse gas levels are reduced to the LGM values. After integration for 2640 model years, land-sea mask and ice sheets, altitude, river path, orbit of the earth, salinity of ocean, and an erodibility map (concerning dust) of the LGM conditions are applied step by step and the total spin-up reached 6760 model years. Since MIROC-ES2L is ready during this procedure, the initial conditions at the 6760th model year of the spin-up experiment are used to initiate LGM experiment using MIROC-ES2L. In this conversion procedure, the initial conditions for land and ocean biogeochemical cycles were prepared respectively using offline modules to obtain quasi-stabilized states. Global mean temperature drawdown of the last 60 year climatology after 540 years integration with the ESM is -4.4 degree Celsius. Borehole thermometry suggested the cooling over the Eastern Antarctica at LGM was -7 to -10 degree Celsius (Stenni et al. 2010, Uemura et al. 2012). The modelled temperature anomaly is about -6.0 degree Celsius, which suggests weaker cooling compared to the ice core data. For the central Greenland, borehole thermometry suggested -21 to -25 degree Celsius (Cuffey et al. 1995, Johnsen et al. 1995, Dahl-Jensen et al. 1998), whereas the LGM experiment resulted -11.1 degree Celsius. This large discrepancy would be attributed to realization of ocean thermohaline state in the model experiment. The modelled peak value of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is 21.0 Sverdrup for LGM and 15.3 Sverdrup for PI. On the other hand, AMOC is thought to be weaker than the present day from paleo proxy data (Lynch-Stieglitz et al. 2007, Hesse et al. 2011). We continue the experiment and analyze which component contributes global cooling and the cooling over the polar regions.

キーワード：最終氷期最大期、CMIP6、地球システムモデル
Keywords: Last Glacial Maximum, CMIP6, earth system model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

On the possible bifurcation mechanisms and associated dynamical properties of Dansgaard-Oeschger oscillations

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takahito Mitsui[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

ダンスガード・オシュガー振動(以下，DO振動)は氷期における千年スケールの急激な気候変動である(Dansgaard et al. 1993; Johnsen et al. 1992)．取り分け氷期中期に頻度が高く，氷期初期や氷期最盛期では頻度が低い(McManus et al. 1999; Kawamura et al. 2017)．発見以来，DO振動に関する多くの研究がなされているが，その詳細なメカニズムは議論中である．最近，大気海洋結合モデルMIROC4m (Hasumi and Emori 2004)を用いた研究で，DO振動に似た千年規模振動がシミュレートされ，DO振動が大気海洋の相互作用による自励的振動である可能性を示唆された(Abe-Ouchi et al. in prep)．また，この自励的振動は氷床・地球軌道要素・温室効果ガスなどの背景気候条件がある範囲にある時に発生し易く，氷期中期にDO振動が顕著であるという観測とコンシステントである(Abe-Ouchi et al. in prep; Sam Sherriff-Tadano et al. 2017)．

外部パラメータの変化に対するダイナミカルシステムの振る舞いの変化の研究は分岐理論と呼ばれる．一般には無数に多くの個別的ダイナミカルシステムが考えられるにも関わらず，分岐現象の多くはいくつかのタイプに分類される(例えば, ストロガッツ, 非線形ダイナミクスとカオス, 2015)．分岐のタイプを特定することは，振動発生の動力学的メカニズムや振動周期・振幅などの特性の理解に手がかりを与える．例えば，ホモクリニック分岐と呼ばれる分岐の場合には，一般に，分岐点近傍で振動周期が無限大に発散する特性を持つ．一方，ホップ分岐と呼ばれる分岐の場合には，このような周期の発散は起こらず，周期は有限に留まる．過去の一部の研究[7, 9]では，このような振動周期の変化に基づいて，分岐メカニズムの推定が行われて来た．

本研究では，過去に提案されたDO振動のモデル[1-12]における分岐メカニズムについて調査した．また，MIROC AOGCMに類似したパラメータ依存性を持つWinton (1993)の3ボックスモデル[2]についてはオリジナルの分岐解析を行った．その結果，多くのモデルで，ホップ分岐[1,2,4,5,6,7,10,11]とホモクリニック分岐[1,2,3,5,6,7,8,9,11]のどちらか，または両方を介して振動が発生することが分かった．また，Welander (1982) [1]と拡張されたWintonのモデルでは，振動発生にホップ分岐とホモクリニック分岐を介する場合があるが，両者の分岐はあるパラメータ極限で一致することを述べる(cf. [11])．このことは分岐メカニズムがホップ分岐でも分岐点近傍で周期が伸び得ることを示している．つまり，しばしば行われる振動周期のパラメータ依存性に基づく分岐メカニズムの推定は極めて微妙な問題をはらんでいる．Winton (1993)のモデルでは，振動発生がホップ分岐介する場合でも，モデルはホモクリニック軌道に似た相空間構造を持っており，この構造を反映して分岐点近傍で振動周期が長くなる．MIROC AOGCMにおいても，ホップ分岐かホモクリニック分岐,（またはその両方）に関連して振動が発生していると予想される．非常に高い計算コストと潜在する自然変動のため，現時点でどちらの分岐かは決定できないが，分岐点近傍の軌道はホモクリニック軌道と似た特徴を持っており，周期が長い．

[1] Welander, Dyn. Atmos. Oceans (1982)
[2] Winton, Ice in the Climate System. NATO ASI Series (1993)
[3] Cessi, Journal of Physical Oceanography (1996)
[4] Sakai and Peltier, J. Climate (1999)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[5] Timmermann, Schulz, Gildor, and Tzipermann J. Climate (2003)
[6] Abshagen and Timmermann, Journal of Physical Oceanography (2004)
[7] Colin de Verdière, Ben Jelloul, and Sévellec, J. Climate (2006)
[8] Colin de Verdière, Journal of Physical Oceanography (2007)
[9] Sévellec, Huck, and Colin de Verdière, J. Mar. Res (2010)
[10] Roberts and Saha, Clim. Dyn. (2017)
[11] Leifeld, Euro. Jnl. of Applied Mathematics (2018)
[12] W. R. Peltier and G. Vettoretti, GRL (2014)

キーワード：ダンスガード・オシュガーサイクル、分岐、振動
Keywords: Dansgaard-Oeschger cycles, bifurcation, oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

The role of climate-vegetation feedback in climate changes driven by orbital parameter changes: the Arctic land surfaces and seasonality

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1]
*Kanon Kino[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ryouta O'ishi[1], Fuyuki SAITO[2], Masakazu Yoshimori[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球の軌道要素の周期的変化による北半球高緯度の夏の日射量変化が、数千年から数万年スケールの氷床量変動の要因であるとするミランコビッチ理論は広く知られている。近年、気候モデルや氷床モデルを用いた様々な数値実験により、過去数十万年間の氷床量変動が再現され、周期変動をもたらす要因の理解が深まってきた(たとえば、Abe-Ouchi et al., 2007; 2013)。また、日射変化に対する地球全体としての応答が軌道要素によってどのように異なるか、大気上端における放射収支解析によって調べられるようになってきた(Mantsis et al., 2011; Erb et al., 2013)。本研究では、軌道要素の変化に対する地表面の気候がどのように決まるか、気候モデルMIROCを用いた多数の感度実験と放射収支解析によって調べた。特に、地軸の傾きと歳差・離心率それぞれが変化した場合について、ミランコビッチ理論でよく取り上げられる北半球高緯度夏の日射量変化が、北半球氷床融解にとって重要な北半球高緯度陸上の夏の気温をどのように関係するかに着目した解析を行った。

大気海洋混合層植生結合モデル (MIROC-LPJ: O’ishi and Abe-Ouchi, 2011) を用いて、過去の実際の時代で実現していた各軌道要素の最大値、最小値および現在値を組み合わせ、境界条件とした感度実験を行い、それぞれにおける日射量と気温の対応を調べた。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を行った。

結果として、北半球高緯度夏の日射量変化に対する北半球高緯度陸上の夏の気温変化は、歳差・離心率より地軸の傾きが変化したときの方が大きくなり得ること、その差をもたらす要因が植生分布、特にツンドラ-北方林境界の南北遷移に伴う気候フィードバックであることが明らかとなった。北半球高緯度において、近日点に夏至があると夏至の日射量が増加しても春秋の日射量減少する季節性になり、年間の正味の日射量変化が0になる。この季節性は特に春の融雪において不利であり、融雪の遅延とアルベド・フィードバックがかかりづらいことによって春の気温低下を招き、森林の成長を阻害した。一方、地軸の傾きが大きくなると夏半年間の日射量が増加する季節性によって年間の日射量が増加する。この季節性は春の融雪において有利であり、融雪の促進と強いアルベド・フィードバックによって温暖化をもたらし、森林の成長を促進した。これらのことから、歳差・離心率より地軸の傾きが変化する時の方が、ツンドラ-北方林境界を北へ遷移させ、アルベドが低下することでさらに融雪が促進される植生-雪-アルベドフィードバックの卓越をもたらすことがわかった。

キーワード：気候モデル、軌道要素、フィードバック
Keywords: GCM, orbital parameter, feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CC 雪氷学・寒冷環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

コンビーナ:植村 立(琉球大学　理学部)、川村 賢二(情報・システム研究機構　国立極地研究所)、阿部 彩子(東京大学大気海洋研究所)、竹内 望(千葉大学)

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

[ACC26-P01] 中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6] (1.千葉大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.総合地球環境学研究所、5.アイダホ大学、6.中央アジア地球物理研究所)

[ACC26-P02] 走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.北海道大学低温科学研究所 、4.名古屋大学大学院環境学研究科、5.アバンナット北極プロジェクト、6.東京大学生産技術研究所 、7.アウストラル大学 、8.岡山大学自然科学研究科)

[ACC26-P03] グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4] (1.総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2.国立極地研究所、3.長岡技術科学大学、4.コペンハーゲン大学)

[ACC26-P04] 連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2] (1.情報・システム研究機構 国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.海洋研究開発機構、4.山形大学、5.ウェザーニューズ)

[ACC26-P05] A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8] (1.東京大学、2.国立極地研究所、3.総合研究大学院大学、4.海洋研究開発機構、5.ノルウェー極地研究所、6.北見工業大学、7.日本学術振興会、8.富山大学)

[ACC26-P06] Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P07] Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

[ACC26-P08] A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACC26-P09] ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1] (1.東京大学)

[ACC26-P10] 地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1] (1.東京大学大気海洋研究所、2.海洋研究開発機構)

中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析
Pollen analysis of ice cores drilled in the Pamir-Arai Mountains, central Asia

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6]

*Haruka Ogaya[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[4], Vladimir Aizen[5], Azamat Osmonov[6]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. アイダホ大学、6. 中央アジア地球物理研究所
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. University of Idaho, 6. Central Asian Institute of Applied Geo-Science

山岳氷河から掘削されたアイスコアには，氷河周辺の植生から氷河に飛来した花粉が比較的豊富に含まれている．花粉は特定の季節に氷河上へ飛来することや，その種構成は周辺植生や卓越風を反映することから，アイスコアの年層決定や周辺地域の植生のプロキシーとして利用されている．本研究では，2016年に中央アジア，パミールアライ山域の氷河で掘削されたアイスコアでの花粉分析の有効性を検討するため，浅層アイスコアと積雪ピットに含まれる花粉の分析を行った．酸素安定同位体を基に決定したアイスコアの年層と比較することによって，この氷河に飛来する各種の花粉の季節シグナルを明らかにすることを目的とした．

アイスコアは，氷河上の標高5300 mのSite1と標高5208 mのSite2の2ヵ所で掘削された．それぞれのサイトの深さ約７mのアイスコアおよびピットサンプルを分析した結果，酸素安定同位体は周期的な変動を示した．この変動を季節シグナルとし，同位体比の極小値を境界として年層決定を行った結果，Site1とSite2のアイスコアはそれぞれ約8年分と9年分の年層を含むことがわかった．顕微鏡分析の結果，アイスコア中には，ヒノキ科，ヨモギ属，アカザ科，マツ科，カバノキ科，マオウ属の合計6種類の花粉が含まれていることが明らかになった．花粉の平均濃度は，Site1とSite2ともにヒノキ科の花粉が最も高く（2.20，2.62 grains/ml(74,67%)，次にヨモギ属花粉（0.65, 1.06 grains/ml(22, 27%)），続いてアカザ科花粉，マツ科花粉であった.アイスコア中の花粉濃度の深度プロファイルには，複数のスパイク状のピークがみられた．ピークの現れる深度は種によって異なり，ヨモギ属とアカザ科は概ね同じ深度で現れ，その下部にヒノキ科のピークが現れることがわかった．ヨモギ属とアカザ科のピーク深度は，同位体比の極大値の深さと概ね一致したことから，これらの花粉は主に夏季から秋季にかけて供給され，その下層でみられたヒノキ科は春季から夏季にかけて供給されていることがわかった．ただし，年によってピークが現れない花粉種があることや，飛来花粉量が２つのサイトで必ずしも一致しなかった．これは，氷河表面の融解の影響や花粉飛来量の場所による違いのためと考えられる．以上の結果から，このアイスコアには分析に十分な花粉が含まれていること，また条件はあるが花粉を用いて年層決定や植生復元が可能であることがわかった．

キーワード：山岳氷河、アイスコア、花粉、パミールアライ山域、中央アジア
Keywords: Mountain glaciers, Ice core, Pollen, Pamir Arai Mountains, Central Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

走査型電子顕微鏡（SEM）を用いたグリーンランドSIGMA-Dアイスコア中の過去100年間の鉱物組成変動の解明

Variations in mineralogy of dust in the Greenland SIGMA-D ice core over the past 100 years using SEM

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1]
*Naoko Nagatsuka[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Akane Tsushima, Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Koji Fujita[4], Tetsuhide Yamasaki[5], Yukihiko Onuma[6], Masahiro Minowa[7], Teruo Aoki[8], Motohiro Hirabayashi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学低温科学研究所 、4. 名古屋大学大学院環境学研究科、5. アバンナット北極プロジェクト、6. 東京大学生産技術研究所 、7. アウストラル大学 、8. 岡山大学自然科学研究科
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 5. Avangnaq Arctic Project Corp., 6. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7. Universidad Austral de Chile, 8. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

極地に分布する氷河や氷床の上には，周囲の土壌や遠方の砂漠などを起源とする風送ダストが堆積し，毎年涵養域の雪の層の中に保存される．したがって，氷床上に保存されているダストをアイスコアとして取り出して分析すれば，過去に氷床上に堆積したダストの変動を明らかにでき，さらには氷床上へのダストの輸送経路や供給源となる場所の変動を明らかにできる可能性がある．しかしながら，氷床上ダストの分析はまだ限られており，特にダスト濃度が低い間氷期の変動については詳細がほとんど明らかになっていない．本研究では，微量でも分析が可能な走査型電子顕微鏡（SEM）およびエネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いてグリーンランド氷床で掘削されたアイスコア試料中の鉱物ダストの同定，形態観察および化学成分分析を行い，過去100年間の変動を明らかにすることを目的とした．また，得られた結果を過去の環境変動のデータと比較することで，ダストの起源の変化やその要因についても考察した．

観察を行ったのは，グリーンランド氷床北西部（SIGMA-D，N77˚38’, W59˚07’, 2100 m a.s.l，Matoba et al. 2015）において2014年5月に掘削された長さ222.72 mアイスコアに含まれる鉱物ダストである．本研究では，そのうち深さ0 –40.09 mの部分を用いて観察を行った．水素同位体比分析，トリチウム分析，および化学成分分析を用いて行われた年層決定の結果から，これらのサンプルは1910年から2014年までの約100年分に相当することがわかっている．また，これまでに行われたCFA（Continuous Flow Analysis）分析の結果から，SIGMA-Dアイスコアに含まれるダスト由来の化学成分は著しく低い濃度を示したが，その濃度は時間によって変動することが明らかになった．そこで，本研究では5年ごとに各層のサンプルをまとめ，1サンプルにつき150粒子を無作為に選んで観察し，その時間変化を明らかにすることとした．サンプルは凍結乾燥した後にメンブレンフィルター上に捕集し，白金蒸着したものを観察した．また，エネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いて，鉱物ダスト表面の化学組成を分析し，形態情報と合わせてその種類を同定した．サンプルの観察は，国立極地研究所の走査型電子顕微鏡(QUANTA FEG 450)を用いて行った．

観察の結果，アイスコアサンプルにはいずれも平均1-3μmの粒径を持つ鉱物ダストが含まれていた．これは先行研究でアジアの砂漠由来であることが報告されているグリーンランド内陸域のアイスコアダストの粒径に一致することから，SIGMA-Dコアにも主に長距離輸送されたダストが供給されていると考えられる．次にEDSを用いた表面化学成分分析の結果，アイスコア中には主にSiを主成分とするケイ酸塩鉱物，特に粘土鉱物が卓越していることがわかった．しかしその組成はサンプル間で異なり，たとえば化学風化（カオリナイト）と物理風化（雲母類，緑泥石）で形成された鉱物の組成が10-15年周期で逆センスの変動を示した．このことから，アイスコア中の鉱物は異なる地質由来の複数の起源から供給されており，起源となる場所が周期的に変化している可能性が示唆された．さらに，石英と長石は1920-1945年および1990-2013年のサンプルに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多く含まれていた．この2つの鉱物は粘土鉱物に比べて粒径が大きく，一般に近距離輸送の指標としても利用されている．過去の気温データとの比較の結果，1910-1945年および1990年以降はグリーンランドも含め全球で気温が高くなっていたことから，温暖な時期には氷床末端周辺の堆積物からも鉱物が供給されていた可能性があることがわかった．

キーワード：鉱物ダスト、アイスコア、グリーンランド、走査型電子顕微鏡
Keywords: mineral dust, ice core, Greenland , SEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状
Size and shape of solid particles in a Greenland ice core

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4]
*Wataru Shigeyama[1,2], Kumiko Goto-Azuma[2,1], Kaori Fukuda[2], Fumio Nakazawa[2,1], Morimasa Takata[3], Tomoyuki Homma[3], Nobuhiko Azuma[3], Dorthe Dahl-Jensen[4]

1. 総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2. 国立極地研究所、3. 長岡技術科学大学、4. コペンハーゲン大学
1. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), School of Multidisciplinary Sciences, Department of Polar Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. Nagaoka University of Technology, 4. University of Copenhagen

氷床コアに含まれる不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，その微粒子の起源地域，輸送経路，風速等の指標として過去の環境復元に用いられている．この不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，一般的に融解液中の粒子による光の散乱・遮蔽や融解液の電気伝導度の変化から調べることが多いが，微粒子の氷床コア試料内部における存在状態や形状に着目した研究は少ない．しかし，例えばBarnes et al. (2002)，Lambert et al. (2008)，Simonsen et al. (2018)は，固体微粒子が氷の中で凝集していることや形状が多様であることを報告している．より詳細な環境復元のためには，固体微粒子の濃度や粒径だけでなく，凝集の状態や形状を明らかにすることが重要である．

我々は，氷床コアに含まれる固体微粒子の氷の中での存在状態と形状を明らかにするため，クライオ走査型電子顕微鏡（SEM）によって固体微粒子を氷試料の中で直接分析した．NEEM（North Greenland Eemian Ice Drilling）計画で掘削されたグリーンランド氷床コアの124 m（完新世），1548 m（最終氷期）および2406 m（最終間氷期）に含まれる固体微粒子の観察から，多くの固体微粒子が氷の中で凝集しており，凝集体を形成する個々の粒子（個別粒子）は扁平であること（短軸／長軸比：0.4-0.8）が明らかになった．また，凝集体と個別粒子の粒径は対数正規分布に近い分布を示しており，凝集体は完新世・最終間氷期で最終氷期より大きい（中間値：完新世4.5 μm，最終間氷期5.9 μm，最終氷期2.2 μm）ことがわかった．本研究から得られた知見は，固体微粒子から過去の環境を正確かつ詳細に復元するために必要な情報である．

参考文献

Barnes, P.R.F. et al., 2002, Ann. Glaciol. 35. pp 559-566

Lambert, F. et al., 2008, Nature. 452. pp 616-619

Simonsen, M.F. et al., 2018, Clim. Past. 14. pp 601-608

キーワード：固体微粒子、粒径分布、粒子形状、凝集、クライオSEM、NEEMアイスコア
Keywords: solid particles, size distribution, particle shape, aggregate, cryo-SEM, NEEM ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析
Methane concentration measurements of the Dome Fuji ice core using Continuous Flow Analysis system

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2]
Ikumi Oyabu[1], Miho Arai[1,4,5], *Kenji Kawamura[1,2,3], Kyotaro Kitamura[1], Jun Ogata[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 山形大学、5. ウェザーニューズ
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Yamagata University, 5. Weathernews Inc.

At the National Institute of Polar Research (NIPR), Continuous Flow Analyses (CFA) system has been developed. In addition to the measurements of melt water (e.g. water isotopes, micro-particles and major ions), the enclosed air is extracted from the water stream and measured for methane (CH_4) concentration by a customized Cavity Ring-Down Spectrometer (CRDS) (Picarro G2301). The CFA system provides data at much higher resolution than classic discrete measurements, which can improve our knowledge and understanding of past climatic variations.

The CH_4 concentration measured by CFA is affected by several factors, impacting precision, accuracy and resolution. The factors include dissolution of CH_4 in meltwater and its imperfect extraction, sample mixing and smoothing in sample lines, and contamination by room air intrusion into the system at the interface between ice samples. The magnitudes of these effects have been investigated, and the data are corrected accordingly. Here, we report the results of various tests for assessing the performance of our CFA for CH_4 measurement. Furthermore, the results of the measurement campaigns of the Dome Fuji ice core, covering the 8.2-kyr cooling event and a part of the last deglaciation, will also be presented.

キーワード：連続融解分析、アイスコア、メタン、ドームふじ
Keywords: Continuous Flow Analysis, Ice core, CH4, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A basal topographic map in the Dome Fuji region constructed from the ground-based radar survey in the JARE 59

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8]
*Shun Tsutaki[1], Takashi Obase[1], Shuji Fujita[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Kenji Kawamura[2,3,4], Kenichi Matsuoka[5], Hiroshi Ohno[6], Ikumi Oyabu[2,7], Fumio Nakazawa[2], Konosuke Sugiura[8]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構、5. ノルウェー極地研究所、6. 北見工業大学、7. 日本学術振興会、8. 富山大学
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Norwegian Polar Institute, 6. Kitami Institute of Technology, 7. Japan Society for the Promotion of Science, 8. University of Toyama

Drilling a deep ice core extending 1.5 million years (Ma) back in time is crucial to better understand the transition in the periodicity of the glacial cycles changed from 40 kilo year (ka) to the current 100 ka during the mid-Pleistocene transition (0.9–1.2 Ma). However, continuous ice core records more than 1 Ma have not been retrieved in the Antarctic ice sheet. Sufficient knowledge of the basal topography is crucial to modify numerical experiments that may provide a continuous record of past mechanisms of climate change. A ground-based radar survey was conducted over an area of 20000 km^2 with a line spacing of 5 km in the Dome Fuji area in the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017–2018 Antarctic summer). In this study, we analyze the JARE 59 radar data to construct an improved map of basal topography in the Dome Fuji region to progress the identification of a suitable drilling site at the region.

キーワード：南極氷床、基盤地形、レーダー
Keywords: Antarctic ice sheet, Basal topography, Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1]
*Fuyuki SAITO[1], Takashi Obase[2], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Generally the evolution of ice-sheet thickness, temperature and age in an ice-sheet model are formulated using the transport or advection equation. There are many variation of the formulation, which differ in numerical aspects such as stability, accuracy, numerical diffusivity, conservation and/or computational costs.
Rational Constrained Interpolation Profile scheme (RCIP, Xiao et al. 1996) is a variation of semi-Lagrangian scheme, which has properties in suppressing numerical oscillation and diffusion near large gradients.
In this study, RCIP scheme is implemented on 1d age computation of ice sheet, which is a typical numerical study of ice-core related topics. Comparison with the results of RCIP scheme and those of classical upwind scheme shows that the former keeps fine information (i.e., surface mass balance) recorded at the deposit.

キーワード：氷年代計算
Keywords: Ice core dating simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

During the last deglaciation, a major global warming was punctuated by abrupt climate changes related to Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). However, abrupt climate change associated with a rapid increase in the AMOC during Bølling-Allerød (BA) transition was reproduced only by applying a reduction in glacial meltwater, which is not inferred from reconstructions. Here we show that an abrupt increase in the AMOC during the BA transition can occur without reduction in glacial meltwater, from a transient simulation of the last deglaciation using an atmosphere-ocean general circulation model. The abrupt increase in the AMOC accompanied with drastic retreat of sea ice in the North Atlantic, abrupt warming in Greenland, cooling of the Southern Hemisphere, that are consistent with proxies and previous modeling studies. Model-data comparison at specific sites will be presented to evaluate simulated climate changes of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Last Glacial Maximum experiment using MIROC-ES2L earth system model in comparison with ice core and the other paleo-proxy data

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1]
*Rumi Ohgaito[1], Tomohiro Hajima[1], Akitomo Yamamoto[1], Hiroaki Tatebe[1], Michio Kawamiya[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, Univ. Tokyo

We are performing numerical experiments targeting distinctive time period of the past, Last Glacial Maximum (LGM, 21,000 years before present), using MIROC-ES2L. MIROC-ES2L is a newly developed earth system model (ESM) (Hajima et al. in prep.) including atmosphere, ocean, land, and ocean and land biogeochemical cycles in order to contribute Coupled Model Intercomparison Project phase 6 and Intergovernmental Panel on Climate Change 6th assessment report.
Testing climate models using paleoclimate experiments is an irreplaceable opportunity on evaluation of models to simulate climate change significantly different from the present day. In this presentation, we describe how we simulate the LGM experiment, compare with paleo-proxy data and discuss which component contributed for the realization of the LGM climate.
Following protocol of Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 4 (Kageyama et al. 2017), we are performing a LGM experiment. Because the LGM condition is significantly different from the present day, long spin-up is essential. Hence, before the model development is finalized, we started spin-up using the physical core (Atmosphere-Ocean coupled general circulation model) of MIROC-ES2L. Firstly, an experiment is branched from pre-industrial control (PI) experiment and the greenhouse gas levels are reduced to the LGM values. After integration for 2640 model years, land-sea mask and ice sheets, altitude, river path, orbit of the earth, salinity of ocean, and an erodibility map (concerning dust) of the LGM conditions are applied step by step and the total spin-up reached 6760 model years. Since MIROC-ES2L is ready during this procedure, the initial conditions at the 6760th model year of the spin-up experiment are used to initiate LGM experiment using MIROC-ES2L. In this conversion procedure, the initial conditions for land and ocean biogeochemical cycles were prepared respectively using offline modules to obtain quasi-stabilized states. Global mean temperature drawdown of the last 60 year climatology after 540 years integration with the ESM is -4.4 degree Celsius. Borehole thermometry suggested the cooling over the Eastern Antarctica at LGM was -7 to -10 degree Celsius (Stenni et al. 2010, Uemura et al. 2012). The modelled temperature anomaly is about -6.0 degree Celsius, which suggests weaker cooling compared to the ice core data. For the central Greenland, borehole thermometry suggested -21 to -25 degree Celsius (Cuffey et al. 1995, Johnsen et al. 1995, Dahl-Jensen et al. 1998), whereas the LGM experiment resulted -11.1 degree Celsius. This large discrepancy would be attributed to realization of ocean thermohaline state in the model experiment. The modelled peak value of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is 21.0 Sverdrup for LGM and 15.3 Sverdrup for PI. On the other hand, AMOC is thought to be weaker than the present day from paleo proxy data (Lynch-Stieglitz et al. 2007, Hesse et al. 2011). We continue the experiment and analyze which component contributes global cooling and the cooling over the polar regions.

キーワード：最終氷期最大期、CMIP6、地球システムモデル
Keywords: Last Glacial Maximum, CMIP6, earth system model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダンスガード・オシュガー振動に関連する分岐メカニズムとそれに付随する動力学的特性について

On the possible bifurcation mechanisms and associated dynamical properties of Dansgaard-Oeschger oscillations

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takahito Mitsui[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

ダンスガード・オシュガー振動(以下，DO振動)は氷期における千年スケールの急激な気候変動である(Dansgaard et al. 1993; Johnsen et al. 1992)．取り分け氷期中期に頻度が高く，氷期初期や氷期最盛期では頻度が低い(McManus et al. 1999; Kawamura et al. 2017)．発見以来，DO振動に関する多くの研究がなされているが，その詳細なメカニズムは議論中である．最近，大気海洋結合モデルMIROC4m (Hasumi and Emori 2004)を用いた研究で，DO振動に似た千年規模振動がシミュレートされ，DO振動が大気海洋の相互作用による自励的振動である可能性を示唆された(Abe-Ouchi et al. in prep)．また，この自励的振動は氷床・地球軌道要素・温室効果ガスなどの背景気候条件がある範囲にある時に発生し易く，氷期中期にDO振動が顕著であるという観測とコンシステントである(Abe-Ouchi et al. in prep; Sam Sherriff-Tadano et al. 2017)．

外部パラメータの変化に対するダイナミカルシステムの振る舞いの変化の研究は分岐理論と呼ばれる．一般には無数に多くの個別的ダイナミカルシステムが考えられるにも関わらず，分岐現象の多くはいくつかのタイプに分類される(例えば, ストロガッツ, 非線形ダイナミクスとカオス, 2015)．分岐のタイプを特定することは，振動発生の動力学的メカニズムや振動周期・振幅などの特性の理解に手がかりを与える．例えば，ホモクリニック分岐と呼ばれる分岐の場合には，一般に，分岐点近傍で振動周期が無限大に発散する特性を持つ．一方，ホップ分岐と呼ばれる分岐の場合には，このような周期の発散は起こらず，周期は有限に留まる．過去の一部の研究[7, 9]では，このような振動周期の変化に基づいて，分岐メカニズムの推定が行われて来た．

本研究では，過去に提案されたDO振動のモデル[1-12]における分岐メカニズムについて調査した．また，MIROC AOGCMに類似したパラメータ依存性を持つWinton (1993)の3ボックスモデル[2]についてはオリジナルの分岐解析を行った．その結果，多くのモデルで，ホップ分岐[1,2,4,5,6,7,10,11]とホモクリニック分岐[1,2,3,5,6,7,8,9,11]のどちらか，または両方を介して振動が発生することが分かった．また，Welander (1982) [1]と拡張されたWintonのモデルでは，振動発生にホップ分岐とホモクリニック分岐を介する場合があるが，両者の分岐はあるパラメータ極限で一致することを述べる(cf. [11])．このことは分岐メカニズムがホップ分岐でも分岐点近傍で周期が伸び得ることを示している．つまり，しばしば行われる振動周期のパラメータ依存性に基づく分岐メカニズムの推定は極めて微妙な問題をはらんでいる．Winton (1993)のモデルでは，振動発生がホップ分岐介する場合でも，モデルはホモクリニック軌道に似た相空間構造を持っており，この構造を反映して分岐点近傍で振動周期が長くなる．MIROC AOGCMにおいても，ホップ分岐かホモクリニック分岐,（またはその両方）に関連して振動が発生していると予想される．非常に高い計算コストと潜在する自然変動のため，現時点でどちらの分岐かは決定できないが，分岐点近傍の軌道はホモクリニック軌道と似た特徴を持っており，周期が長い．

[1] Welander, Dyn. Atmos. Oceans (1982)
[2] Winton, Ice in the Climate System. NATO ASI Series (1993)
[3] Cessi, Journal of Physical Oceanography (1996)
[4] Sakai and Peltier, J. Climate (1999)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[5] Timmermann, Schulz, Gildor, and Tzipermann J. Climate (2003)
[6] Abshagen and Timmermann, Journal of Physical Oceanography (2004)
[7] Colin de Verdière, Ben Jelloul, and Sévellec, J. Climate (2006)
[8] Colin de Verdière, Journal of Physical Oceanography (2007)
[9] Sévellec, Huck, and Colin de Verdière, J. Mar. Res (2010)
[10] Roberts and Saha, Clim. Dyn. (2017)
[11] Leifeld, Euro. Jnl. of Applied Mathematics (2018)
[12] W. R. Peltier and G. Vettoretti, GRL (2014)

キーワード：ダンスガード・オシュガーサイクル、分岐、振動
Keywords: Dansgaard-Oeschger cycles, bifurcation, oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地球の軌道要素変化による北半球高緯度陸上における気候変化の季節性と気候-植生フィードバックの役割

The role of climate-vegetation feedback in climate changes driven by orbital parameter changes: the Arctic land surfaces and seasonality

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1]
*Kanon Kino[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ryouta O'ishi[1], Fuyuki SAITO[2], Masakazu Yoshimori[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球の軌道要素の周期的変化による北半球高緯度の夏の日射量変化が、数千年から数万年スケールの氷床量変動の要因であるとするミランコビッチ理論は広く知られている。近年、気候モデルや氷床モデルを用いた様々な数値実験により、過去数十万年間の氷床量変動が再現され、周期変動をもたらす要因の理解が深まってきた(たとえば、Abe-Ouchi et al., 2007; 2013)。また、日射変化に対する地球全体としての応答が軌道要素によってどのように異なるか、大気上端における放射収支解析によって調べられるようになってきた(Mantsis et al., 2011; Erb et al., 2013)。本研究では、軌道要素の変化に対する地表面の気候がどのように決まるか、気候モデルMIROCを用いた多数の感度実験と放射収支解析によって調べた。特に、地軸の傾きと歳差・離心率それぞれが変化した場合について、ミランコビッチ理論でよく取り上げられる北半球高緯度夏の日射量変化が、北半球氷床融解にとって重要な北半球高緯度陸上の夏の気温をどのように関係するかに着目した解析を行った。

大気海洋混合層植生結合モデル (MIROC-LPJ: O’ishi and Abe-Ouchi, 2011) を用いて、過去の実際の時代で実現していた各軌道要素の最大値、最小値および現在値を組み合わせ、境界条件とした感度実験を行い、それぞれにおける日射量と気温の対応を調べた。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を行った。

結果として、北半球高緯度夏の日射量変化に対する北半球高緯度陸上の夏の気温変化は、歳差・離心率より地軸の傾きが変化したときの方が大きくなり得ること、その差をもたらす要因が植生分布、特にツンドラ-北方林境界の南北遷移に伴う気候フィードバックであることが明らかとなった。北半球高緯度において、近日点に夏至があると夏至の日射量が増加しても春秋の日射量減少する季節性になり、年間の正味の日射量変化が0になる。この季節性は特に春の融雪において不利であり、融雪の遅延とアルベド・フィードバックがかかりづらいことによって春の気温低下を招き、森林の成長を阻害した。一方、地軸の傾きが大きくなると夏半年間の日射量が増加する季節性によって年間の日射量が増加する。この季節性は春の融雪において有利であり、融雪の促進と強いアルベド・フィードバックによって温暖化をもたらし、森林の成長を促進した。これらのことから、歳差・離心率より地軸の傾きが変化する時の方が、ツンドラ-北方林境界を北へ遷移させ、アルベドが低下することでさらに融雪が促進される植生-雪-アルベドフィードバックの卓越をもたらすことがわかった。

キーワード：気候モデル、軌道要素、フィードバック
Keywords: GCM, orbital parameter, feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 202 2F

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)、座長:森 也寸志(岡山大学)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:05

[AGE30-01] ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:05 ~ 14:25

[AGE30-02] 水田からのメタン排出とその気候変動応答

★招待講演

*常田 岳志[1] (1.国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター)

14:25 ~ 14:40

[AGE30-03] 玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

*松本 真悟[1]、春日 純子[1] (1.島根大学生物資源科学部)

14:40 ~ 14:55

[AGE30-04] 畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明 (1.宇都宮大学、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

14:55 ~ 15:15

[AGE30-05] GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定

★招待講演

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1] (1.明治大学)

ニューラルネットワークを用いた土壌表層の有機炭素量の予測
Soil Organic Cabon Contents Estimation using Neural Network System

開田 行美[1]、*森 也寸志[1]、珠玖 隆行[1]
Ikumi Kaida[1], *Yasushi Mori[1], Takayuki Shuku[1]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

土壌中の有機物の動態は地球最表層の物質循環に大きく影響し，また，陸域最大の貯蔵量を持つことから，その蓄積と消失は地球温暖化へ影響評価として高い関心を集めている．これまでの研究から土壌有機物量の推定についてはある程度の成果をおさめている．しかしながら自然の営みは非常に複雑であるため，推定に関わるパラメータは個別研究の蓄積から抽出されており，充分な量のデータを元に相互関係を考慮しながら推定されているわけではない．また一方で，膨大なデータを利用したとしても，何がどのように関わるか関数的に明らかにならない状態で全てのデータを利用しながら研究に取り組むことは時間的に無駄が多く，現実的ではない．

近年の計算機の発達により，急速に現実的な課題への応用例が見られるようになってきた機械学習，ニューラルネットワークは，膨大なデータを読み込み，個々の関連を学習しながら自らの中にシステムを構築し，ターゲットとなる値を推定することができる．そこで本研究では，Harmonized World Soil Database (FAO, IIASA)で取得された土壌の16種類のデータセット約11000個（欧州に限定）を使って，土壌有機物がどのパラメータと関連づけられ，推定されるのかを調べた．再帰的特徴消去（Recursive Feature Elimination，RFE法）を用いて指定した特徴数になるまで特徴の消去を行い，ついでニューラルネットワークを使って，選択された特徴量から目的となる土壌有機物量を推測するモデルを作成した．

検証した中では特徴量を７つにしたときに，ニューラルネットワークが最も良い成績を示した．粘土鉱物量，乾燥密度，粘土CEC，総CEC，塩基飽和度，交換性塩基，ESPが関連度が高いと評価されが，これには一般的にあまり使われないものも含まれており，興味深かった．このパラメータで構築したモデルは７割が土壌有機物量を非常に良く推定し，３割が極端に悪い結果となった．また，選択されたパラメータは土壌有機物量を説明するために必要なパラメータではあるが，非線形関数の中で，正・負どちらに働くのかは明らかにはならない．導き出された関係は非線形で非常に複雑であるので，一般的な理解が難しいが，学習モデルには人間の側から関数系を与えずに得られた成果であるため，未知の関係が想像される現象から必要なパラメータを抽出する際には強力な道具となることが期待された． また，その上ですすめる研究はより効果的になると想像され，複雑な因子が絡む環境動態の解明に大きく貢献すると与えると考えられた．

キーワード：土壌有機炭素、ニューラルネットワーク、地球温暖化
Keywords: Soil Organic Carbon, Neural Network, Global Warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

水田からのメタン排出とその気候変動応答
Methane emission from rice paddies and its response to climate change

*常田 岳志[1]
*Takeshi Tokida[1]

1. 国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター
1. Institute for Agro-Environmental Sciences, National Agriculture and Food Research Organization

メタン（CH_4）は二酸化炭素につぐ温室効果ガスであり、対流圏オゾンの生成など間接的な効果を含めると、その放射強制力は二酸化炭素（CO_2）の約58%にも及ぶ。またCH_4は大気中の滞留時間が10年以下と短く排出削減によって大気中濃度が速やかに低下するため、温度上昇を+1.5℃ないし+2.0℃以内に抑える上では、CO_2の排出抑制よりもはるかに効果が大きい。人為的なメタン排出源として農業分野は38%を占めており、中でも水田の寄与は大きい。ところがそのCH_4排出が、大気中CO_2濃度の増加や温度の上昇によってさらに増加することが懸念されている。

発表者らは、囲いのない田んぼにCO_2を制御的に付加し、大気CO_2濃度の増加を模擬するFree-Air CO_2 Enrichment (FACE)と呼ばれる実験、および電熱線ヒーターによって田面水・土壌を加温する温暖化実験を実施し、水田からのCH_4排出の高CO_2・温暖化応答に関する知見を得てきた。岩手県で行われた雫石FACE実験では、+200ppmのCO_2増加と+2℃の加温によって、メタン排出量は80%も増加した。これはCO_2増加とそれに伴う温暖化が、メタン排出増加を通して更なる温暖化を引き起こす「正のフィードバック」が強く働くことを示している。

大気CO_2の上昇がCH_4排出を増加させるのは、CO_2施肥効果によってイネの光合成が増え、CH_4の有機物源となる根からの滲出物や根自体の分解が増えたことが主要因であった。一方、温度上昇は、土壌の酸化容量を超える有機物分解が加温により大幅に増えたことと、加温がCH_4の基質となるイネ根の老化・分解を促進すること、が重要なメカニズムであった。前者に関しては、土壌有機物・残渣の分解が主要な有機物源である生育前半に働くメカニズムであり、+2℃の加温による有機物の分解量の増加が15%程度であるにもかかわらず、土壌の酸化容量の大半を占める酸化鉄の還元量が加温によって増加しなかったことから、差し引きとして求まるCH_4生成量を40%以上も増大させていた。

なおFACE実験で暴露に用いるCO_2は大気中のCO_2より小さい$^{13}C/^{12}C$比（^{13}Cが少ない）を持つため、FACE区と外気区のイネは異なる炭素同位体比を持つ。この性質を利用しFACEを「炭素安定同位体のトレーサー実験」と見なすことにより、加温処理によって光合成産物を基質とするCH_4生成が増加したことが確認され、イネ根の分解促進がCH_4排出の大幅な増加の要因であることが突き止められた。

発表者らの結果だけでなく、既存の報告の多くは高CO_2によってCH_4排出が増える可能性を指摘しているが、その程度には大きなバラツキがある。このバラツキの要因をさらに解明することで、コメ生産面におけるCO_2施肥効果を最大化しつつCH_4排出の増加を抑えるようなイネの形質や栽培管理法に関する知見が得られると期待される。また温暖化による影響は高CO_2と異なり、コメ収量にマイナスに作用する可能性が指摘されている。さらに高温不稔によって穂に転流されるはずだった炭素が地下部に回り、CH_4排出が増加する可能性も報告されている。したがって、高温による減収リスクを抑えるなどの温暖化に対する適応策の確立も、収量当たりのCH_4排出を減らす上でも極めて重要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：水田、メタン、地球温暖化、大気CO2濃度増加実験
Keywords: rice paddy, methane, global warming, FACE (Free-Air CO2 Enrichment)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

玄米外観品質の低下と土壌中の可溶性養分の関係

Relationship between degradation of rice grain quality due to chalky kernels and available nutrients in soil

*松本 真悟[1]、春日 純子[1]
*Shingo Matsumoto[1], Junko Kasuga[1]

1. 島根大学生物資源科学部
1. Shimane University

1990年代以降にわが国稲作の重大な問題となっている夏期の高温登熟障害による白未熟粒の多発に対して，様々な栽培的な対策が各地で取り組まれてきた．しかし西日本においては玄米外観品質の回復が未だに達成されていない状況にあるのも事実である．一方で，稲作をめぐる環境の変化によって水田土壌の管理実態は変貌し，肥沃度の低下，塩基バランスの悪化などが白未熟粒の多発を助長している可能性が指摘されている．そこで，本研究では気象条件や土壌型の違いを排除しつつ多くの可溶性養分と白未熟粒の発生との関係を解析することが可能ではないか考え，一筆の水田を縦横４ｍ間隔で土壌とコメをサンプリングしてそれぞれの地点の土壌の可溶性養分の分析ならびにコメの外観品質の調査を行い，それらの関連の解析を試みた．その結果，可給態ケイ酸の不足により有意に白未熟粒が増加することが明らかとなった．また，ケイ酸／リン酸比が高いほど白未熟粒の発生が多くなり，過剰に蓄積されたリン酸の影響も大きいことが推察された．

キーワード：高温登熟障害、白未熟粒、可給態ケイ酸
Keywords: high-temperature damage to rice grain ripening, chalky grain, available silicate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畑地における溝切りと作物残渣の挿入が雨水の浸入と土壌侵食に及ぼす影響

The effects of trenching and insertion of crop residue on infiltration and soil erosion in a farmland

*大澤 和敏[1]、森 也寸志[2]、干川 明
*Kazutoshi Osawa[1], Yasushi Mori[2], Akira Hoshikawa

1. 宇都宮大学、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Utsunomiya University, 2. Graduate school of Environmental and Life Science, Okayama University

沖縄地方では，気候，地形，土壌特性などの自然的要因や，農業活動，開発工事などの人為的要因により，農地における土壌侵食や河川および沿岸域における土砂，栄養塩流出の問題が顕著となっている．その結果，農地の地力および生産性を低下させ，流域圏の水環境へ悪影響を及ぼしている．これまで地表面の被覆による土壌侵食の抑制効果は多く報告されているが，雨水の浸入促進による土壌侵食の抑制に着目した研究は少ない．そこで，本研究では沖縄県石垣市におけるサトウキビ畑を対象として，雨水の浸入を促進する畝間の溝切りと溝への有機物の挿入に着目し，それらが表流水の流出量及び土壌侵食量へ与える影響を明らかにすることを目的とした．

休閑期における試験結果では，ほぼ全てのイベントにおいて，雨水の浸入が促進されたため，流量は溝切りをした試験区が小さくなった．時系列でみると，多くのイベントで初期降雨損失が溝切りをした試験区では大きかった．しかし，土砂流出量において比較的大きなイベントで，溝切りをした試験区が標準区を上回った．総流量は溝切りによって約69%の削減となり，総土砂流出量は溝切りによって約57%の増大となった．以上より，残渣が地表面を覆った状態の休閑期では，溝切りによって表流水の発生は抑制できるが，土壌のかく乱によって侵食が増大してしまうことが分かった．

栽培期における試験結果では，全てのイベントにおいて，溝に作物残渣を挿入した試験区は標準区より流量が常に小さく，溝へ雨水が浸入した．時系列でみると，休閑期と同様に多くのイベントで初期降雨の浸入が確認できた．土砂流出量に関して，作物残渣を挿入した試験区は標準区より常に小さく，土砂流出が抑制できた．総流量において，作物残渣を挿入した試験区は標準区と比較して約39%の削減となった．総土砂流出量において，作物残渣を挿入した試験区および不耕起栽培（株出し栽培）をした試験区は標準区と比べて，それぞれ約64%および約89%の削減となった．以上より，植え付けや耕起等の作業によって土壌のかく乱がある栽培期では，溝や有機物の挿入は雨水の浸入を促進し，不耕起栽培ほどではないが，土砂流出を顕著に抑制できることが分かった．

キーワード：土壌侵食、浸入、溝切り、有機物の挿入、サトウキビ、沖縄
Keywords: Soil erosion, Infiltration, Trenching, insertion of organic matter, Sugarcane, Okinawa

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GPS信号を使った広範囲土壌水分量の測定
Measuring wide-range soil water content using GPS signals

*登尾 浩助[1]、長沼 菜摘[1]
*Kosuke Noborio[1], Natsumi Naganuma[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

畑地作物栽培時の灌漑水量の予測、地下水涵養量の推定、地滑り予報などにとって、広範囲の土壌水分量の測定は必要不可欠である。1980年にToppらによってTDR水分計が紹介されて以来、ある地点における土壌水分量の測定は高精度かつ簡易に、しかも遠隔で自動測定とデータ回収が可能になって来ている。しかし、広範囲な土壌水分量の測定となると、従来は人工衛星データを使った広域の測定であったり、宇宙線を使った測定法が紹介されているが、解像度や測定精度に問題があったり、特殊な測定器が必要であったりと、なかなかルーチーン観測にまでは適用されていない。Larsonらは2008年にGPS信号に含まれる地上反射波強度とGPSアンテナ周辺の土壌水分量に有意な関係があることを報告している。GPS衛星は24時間地球上のいかなる位置においても観測可能なように配置されているので、GPS信号から土壌水分量を推定できれば、活用法は計り知れない。本報告では、GPS信号による広範囲土壌水分量測定の原理と測定例について概説する。

キーワード：土壌水分、GPS衛星、SN比
Keywords: soil moisture, GPS satellite, signal noise ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析

Analysis of soil erosion on cropland considering future climate change in Okinawa

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1]
*Gen Machida[1], Kazutoshi Osawa[1], Hiroyuki Matsui[1]

1. 宇都宮大学
1. Utsunomiya University

沖縄県では土壌侵食(水食)による過度の赤土流出が問題となっており，農地における侵食量の予測手法の確立が求められている．既往研究では，プロセスベースモデルであるWEPP(Water Erosion Prediction Project)を用いた解析が試みられている．しかし，長期的な土壌侵食抑制対策の計画に必要となる，将来的な気候変動を考慮した土壌侵食リスクの評価手法に関しては，未だ検討されていない．そこで本研究では，気象シミュレーターMarkSimを用い，沖縄県名護市における将来的な気候変動を考慮した気象データの作成と，その適用を行った．

作成した気象データからは，地球温暖化による気温の上昇に伴い，降雨期の降水量の増加傾向がみられた．しかし，裸地条件下及びサトウキビ営農条件下のWEPP解析において，気候変動による侵食リスクの増大は確認できなかった．これは，気温や日射量の増大に伴い，雨水の浸入量が増加した為である．このことから，将来的な気候変動による降水量の増加は，必ずしも侵食量の増加に繋がらない可能性が示唆された．

キーワード：WEPPモデル、MarkSim、地球温暖化、赤土流出
Keywords: WEPP Model, MarkSim, Global warming, Red soil runoff

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果
Linear Macro pore Installation to Reduce Surface Flow

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3]
*Masaki Kiyohiro[1], Yasushi Mori[1], Kazutoshi Osawa[2], Akira Hosihkawa[3]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2. 宇都宮大学　農学部、3. 石西礁湖サンゴ礁基金
1. Okayama University Graduate school of Environmental and Life Science, 2. Utsunomiya University Faculty of Agriculture, 3. Fund of Coral reef in Sekisei Lagoon

線状型マクロポア導入による国頭マージの表面流出の抑制

沖縄県石垣島では土壌流亡が問題となっている。土壌流亡は営農に影響を与えるだけでなく，珊瑚などの海産資源にも悪影響を与える。原因として、透水性の低い層であるクラストの発生が挙げられる。クラストは強雨時の雨滴の圧密，土壌間隙の目詰まりにより生じる。対策として鉛直方向に穴をあけ，繊維状物質を挿入する人工マクロポアが提案され，流亡対策と成り得るデータが示されていたが，設置の労力が課題だった。これを踏まえ提案されたのが線状型マクロポアである。線状型マクロポアは従来の穴の代わりに深さ30cm程度の溝を引き，サトウキビ残渣を鋤き込む。溝を引く作業は農業機械で行うことができ，サトウキビ残渣は現地で入手できるため，より実施しやすい人工マクロポアであると考えられる。本研究では，線状型マクロポアの下方浸透促進による表面流出・土壌流亡の抑制の検証を目的とし，ライシメータを用いた室内降雨実験を行った。

供試土として沖縄県石垣島のサトウキビ圃場から採取した土壌を風乾させ，2㎜篩を通過したものを使用した。これを体積含水率0.10m³m³，乾燥密度1.20gcm³に調整し，高さ・幅24cm，奥行き36cmのライシメータに充填し、側面から土壌水分・温度・ECセンサー(5TE,Meter)を挿入した。ライシメータは現場と同じ傾斜3%で設置し，25℃の恒温室で降雨実験を行った。20㎜h¹の降雨を4時間降らせ，降雨終了24時間後に同様の条件で再度降雨を行った。処理区として耕起区，植物残渣を表層に残す不耕起区，線状型マクロポア区、対象区として中空溝切のみの溝切区を用意し，表面流出，下方排水，土壌水分、流出土砂量を測定した。

実験の結果、表面流出量は耕起区で最も多く、次に不耕起区で多かった。線状型マクロポア区では表面流出は発生しなかった。溝切区では溝構造の崩壊が起こり、表面流出を採取することはできなかった。このことから、線状型マクロポアが表面流出を抑制したと考えられる。圃場では溝切区で最も流出量が多く，室内実験においても溝が崩壊したが，表面流出自体は確認することが出来た。

流出土砂量は室内実験では耕起区で最も多くかった。不耕起区でも流出が確認できたが、耕起区と比較して少なかった。このことから不耕起処理では表面流出は発生するが土砂流出は抑制されると考えられる。線状型マクロポア区では流出はなく、溝切区では流出は計測できなかった。対して圃場では溝切区で最も多く、次いで耕起，線状型マクロポア，不耕起区の順であった。このため室内実験でも溝切区で多くの土砂が移動していたと考えられる。また、線状型マクロポア区と不耕起区の現場と室内実験の結果の違いは土壌に対するマクロポアの面積の比が影響していると考えられる。

本研究では室内実験で圃場に近い条件の線状型マクロポアを再現し、土砂流出抑制効果を検証した。その結果、線状型マクロポアが下方浸透を促進し表面流出を削減，土砂流出を抑制することが示唆され，圃場実験と同様の傾向を得ることができた。また、圃場調査では溝切区において目詰まりが発生することにより表面流出，土砂流出が増加すると推定されていたが、今回の結果から降雨の早い段階で構造そのものが崩壊している可能性が示された。

キーワード：土壌流亡、マクロポア、表面流出
Keywords: Soil erosion, Macro pore, Surface flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

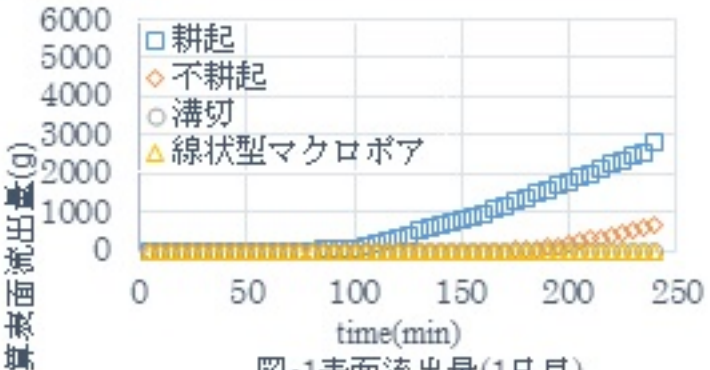


図-1表面流出量(1日目)

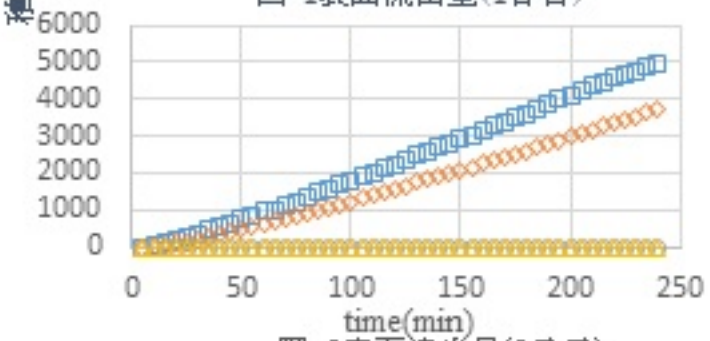


図-2表面流出量(2日目)

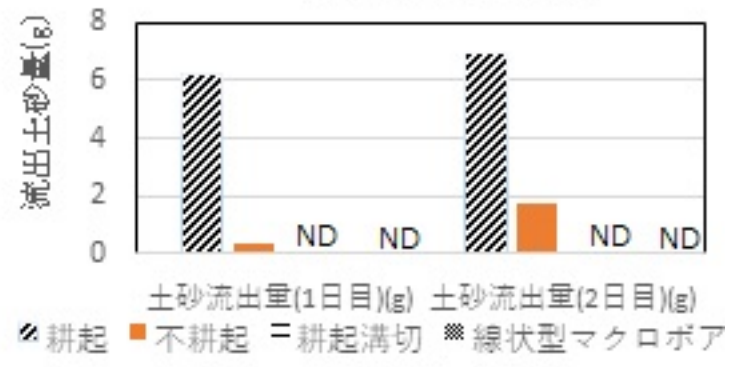


図-3流出土砂量(g)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

Conservation of the Rice Terraces of the Philippine Cordilleras Based on the Soil Environmental Factors.

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3]
*Tomoyo Kurozumi[1], Yasushi Mori[2], Hiroaki Somura[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学環境理工学部、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、3. Universal Harvester Incorporated
1. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン北部にあるコルディリェーラの棚田群では棚田の崩壊が深刻化しており，崩壊を中心とした諸問題に対応するための適切かつ効率的な営農管理が求められている．既往研究によれば棚田を含む斜面崩壊地域での短期的な地下水位変動には田面からの浸透が支配的である．そのため，田面からの浸透量が増加すれば，棚田が崩壊する可能性が高まる．そこで本研究では棚田群の土壌特性と鉛直方向の浸透現象との関係を明らかにした．現地調査と分析の結果，浸透量低下の原因は耕盤形成と有機物類の目詰まりが考えられ，耕盤が無い棚田のほうが有機物量は多いことがわかった．

一方で，耕盤の無い棚田では交換性陽イオンの溶脱が確認されたことから，棚田群での浸透抑制には耕盤形成による土壌の締固めと有機物類の目詰まりの2種類があり，土壌栄養の観点を踏まえると耕盤形成が必要であると考えられた．

キーワード：棚田、耕盤、有機物、フィリピン
Keywords: rice terraces, hardpan, organic matter, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

A preliminary study for water and substances simulation modeling in Cordilleras terraced paddy fields, Philippines

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3]
*Hiroaki Somura[1], Yasushi Mori[1], Tomoyo Kurozumi[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 岡山大学環境理工学部、3. Universal Harvester Incorporated
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン・ルソン島北部に位置するコルディリェーラ棚田群は1995年に世界遺産に登録された地域で，長年に渡り水稲栽培が営まれてきた．しかし近年，人手不足や予算不足等により棚田群の維持管理が難しくなって来ている．それに加え，収量の減少傾向を訴える農民もおり，生産・生活の場である棚田の負の側面が表面化して来ている．本研究では，現地において，灌漑や施肥といった営農方法や，対象流域全体の水文水質調査などを通して，環境保全に配慮しつつ，作物生産の安定化を実現するための方法を探る．その一つとして，コルディリェーラ棚田群内のBangaan地区を選定し，シミュレーションモデルによる水・物質動態の解析を進める．予備調査の結果，Bangaan地区の対象エリア面積はおおよそ11haあり，最上流部の観測ポイントに流れ込む水の集水面積が同程度あると考えられた．またASTER GDEMを用いて東西方向（流域傾斜方向中心線）の平均勾配を算出したところ，約20%と急峻なことが分かった．さらに衛星画像を用いて水田区画をできる限りトレースした結果，大小合わせて130枚以上の水田が確認された．流域内で最も大きな水田はおおよそ0.3haであり，より小規模の水田が大多数を占めていた．今後，モデル化に向けて，特に水田間の灌漑水や物質の移動について調査を進める予定である．

キーワード：棚田、灌漑、営農活動、フィリピン
Keywords: Terraced paddy fields, Irrigation, Agricultural activities, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析

Analysis of soil erosion on cropland considering future climate change in Okinawa

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1]
*Gen Machida[1], Kazutoshi Osawa[1], Hiroyuki Matsui[1]

1. 宇都宮大学
1. Utsunomiya University

沖縄県では土壌侵食(水食)による過度の赤土流出が問題となっており，農地における侵食量の予測手法の確立が求められている．既往研究では，プロセスベースモデルであるWEPP(Water Erosion Prediction Project)を用いた解析が試みられている．しかし，長期的な土壌侵食抑制対策の計画に必要となる，将来的な気候変動を考慮した土壌侵食リスクの評価手法に関しては，未だ検討されていない．そこで本研究では，気象シミュレーターMarkSimを用い，沖縄県名護市における将来的な気候変動を考慮した気象データの作成と，その適用を行った．

作成した気象データからは，地球温暖化による気温の上昇に伴い，降雨期の降水量の増加傾向がみられた．しかし，裸地条件下及びサトウキビ営農条件下のWEPP解析において，気候変動による侵食リスクの増大は確認できなかった．これは，気温や日射量の増大に伴い，雨水の浸入量が増加した為である．このことから，将来的な気候変動による降水量の増加は，必ずしも侵食量の増加に繋がらない可能性が示唆された．

キーワード：WEPPモデル、MarkSim、地球温暖化、赤土流出
Keywords: WEPP Model, MarkSim, Global warming, Red soil runoff

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果
Linear Macro pore Installation to Reduce Surface Flow

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3]
*Masaki Kiyohiro[1], Yasushi Mori[1], Kazutoshi Osawa[2], Akira Hosihkawa[3]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2. 宇都宮大学　農学部、3. 石西礁湖サンゴ礁基金
1. Okayama University Graduate school of Environmental and Life Science, 2. Utsunomiya University Faculty of Agriculture, 3. Fund of Coral reef in Sekisei Lagoon

線状型マクロポア導入による国頭マージの表面流出の抑制

沖縄県石垣島では土壌流亡が問題となっている。土壌流亡は営農に影響を与えるだけでなく，珊瑚などの海産資源にも悪影響を与える。原因として、透水性の低い層であるクラストの発生が挙げられる。クラストは強雨時の雨滴の圧密，土壌間隙の目詰まりにより生じる。対策として鉛直方向に穴をあけ，繊維状物質を挿入する人工マクロポアが提案され，流亡対策と成り得るデータが示されていたが，設置の労力が課題だった。これを踏まえ提案されたのが線状型マクロポアである。線状型マクロポアは従来の穴の代わりに深さ30cm程度の溝を引き，サトウキビ残渣を鋤き込む。溝を引く作業は農業機械で行うことができ，サトウキビ残渣は現地で入手できるため，より実施しやすい人工マクロポアであると考えられる。本研究では，線状型マクロポアの下方浸透促進による表面流出・土壌流亡の抑制の検証を目的とし，ライシメータを用いた室内降雨実験を行った。

供試土として沖縄県石垣島のサトウキビ圃場から採取した土壌を風乾させ，2㎜篩を通過したものを使用した。これを体積含水率0.10m³m³，乾燥密度1.20gcm³に調整し，高さ・幅24cm，奥行き36cmのライシメータに充填し、側面から土壌水分・温度・ECセンサー(5TE,Meter)を挿入した。ライシメータは現場と同じ傾斜3%で設置し，25℃の恒温室で降雨実験を行った。20㎜h¹の降雨を4時間降らせ，降雨終了24時間後に同様の条件で再度降雨を行った。処理区として耕起区，植物残渣を表層に残す不耕起区，線状型マクロポア区、対象区として中空溝切のみの溝切区を用意し，表面流出，下方排水，土壌水分、流出土砂量を測定した。

実験の結果、表面流出量は耕起区で最も多く、次に不耕起区で多かった。線状型マクロポア区では表面流出は発生しなかった。溝切区では溝構造の崩壊が起こり、表面流出を採取することはできなかった。このことから、線状型マクロポアが表面流出を抑制したと考えられる。圃場では溝切区で最も流出量が多く，室内実験においても溝が崩壊したが，表面流出自体は確認することが出来た。

流出土砂量は室内実験では耕起区で最も多くかった。不耕起区でも流出が確認できたが、耕起区と比較して少なかった。このことから不耕起処理では表面流出は発生するが土砂流出は抑制されると考えられる。線状型マクロポア区では流出はなく、溝切区では流出は計測できなかった。対して圃場では溝切区で最も多く、次いで耕起，線状型マクロポア，不耕起区の順であった。このため室内実験でも溝切区で多くの土砂が移動していたと考えられる。また、線状型マクロポア区と不耕起区の現場と室内実験の結果の違いは土壌に対するマクロポアの面積の比が影響していると考えられる。

本研究では室内実験で圃場に近い条件の線状型マクロポアを再現し、土砂流出抑制効果を検証した。その結果、線状型マクロポアが下方浸透を促進し表面流出を削減，土砂流出を抑制することが示唆され，圃場実験と同様の傾向を得ることができた。また、圃場調査では溝切区において目詰まりが発生することにより表面流出，土砂流出が増加すると推定されていたが、今回の結果から降雨の早い段階で構造そのものが崩壊している可能性が示された。

キーワード：土壌流亡、マクロポア、表面流出
Keywords: Soil erosion, Macro pore, Surface flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

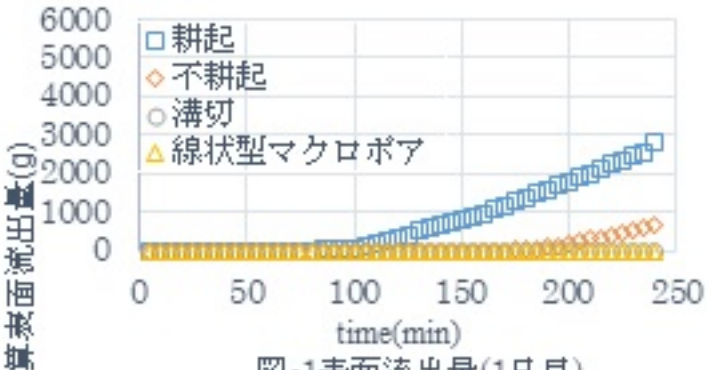


図-1表面流出量(1日目)

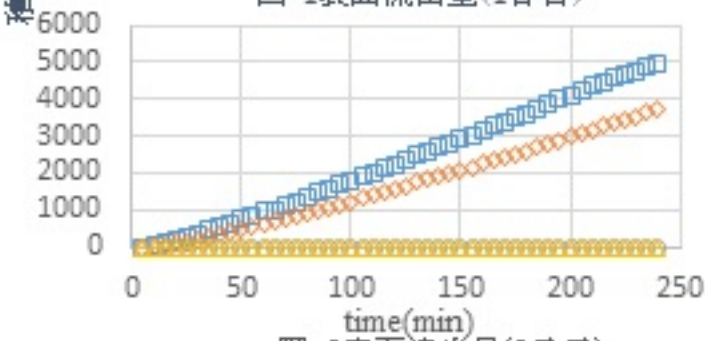


図-2表面流出量(2日目)

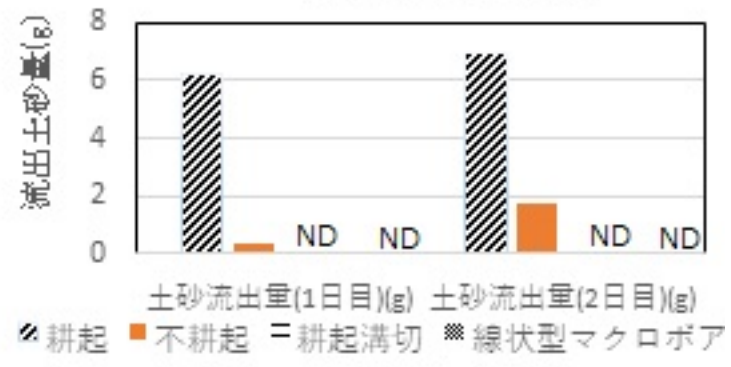


図-3流出土砂量(g)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

Conservation of the Rice Terraces of the Philippine Cordilleras Based on the Soil Environmental Factors.

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3]
*Tomoyo Kurozumi[1], Yasushi Mori[2], Hiroaki Somura[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学環境理工学部、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、3. Universal Harvester Incorporated
1. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン北部にあるコルディリェーラの棚田群では棚田の崩壊が深刻化しており，崩壊を中心とした諸問題に対応するための適切かつ効率的な営農管理が求められている．既往研究によれば棚田を含む斜面崩壊地域での短期的な地下水位変動には田面からの浸透が支配的である．そのため，田面からの浸透量が増加すれば，棚田が崩壊する可能性が高まる．そこで本研究では棚田群の土壌特性と鉛直方向の浸透現象との関係を明らかにした．現地調査と分析の結果，浸透量低下の原因は耕盤形成と有機物類の目詰まりが考えられ，耕盤が無い棚田のほうが有機物量は多いことがわかった．

一方で，耕盤の無い棚田では交換性陽イオンの溶脱が確認されたことから，棚田群での浸透抑制には耕盤形成による土壌の締固めと有機物類の目詰まりの2種類があり，土壌栄養の観点を踏まえると耕盤形成が必要であると考えられた．

キーワード：棚田、耕盤、有機物、フィリピン
Keywords: rice terraces, hardpan, organic matter, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

A preliminary study for water and substances simulation modeling in Cordilleras terraced paddy fields, Philippines

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3]
*Hiroaki Somura[1], Yasushi Mori[1], Tomoyo Kurozumi[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 岡山大学環境理工学部、3. Universal Harvester Incorporated
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン・ルソン島北部に位置するコルディリェーラ棚田群は1995年に世界遺産に登録された地域で，長年に渡り水稲栽培が営まれてきた．しかし近年，人手不足や予算不足等により棚田群の維持管理が難しくなって来ている．それに加え，収量の減少傾向を訴える農民もおり，生産・生活の場である棚田の負の側面が表面化して来ている．本研究では，現地において，灌漑や施肥といった営農方法や，対象流域全体の水文水質調査などを通して，環境保全に配慮しつつ，作物生産の安定化を実現するための方法を探る．その一つとして，コルディリェーラ棚田群内のBangaan地区を選定し，シミュレーションモデルによる水・物質動態の解析を進める．予備調査の結果，Bangaan地区の対象エリア面積はおおよそ11haあり，最上流部の観測ポイントに流れ込む水の集水面積が同程度あると考えられた．またASTER GDEMを用いて東西方向（流域傾斜方向中心線）の平均勾配を算出したところ，約20%と急峻なことが分かった．さらに衛星画像を用いて水田区画をできる限りトレースした結果，大小合わせて130枚以上の水田が確認された．流域内で最も大きな水田はおおよそ0.3haであり，より小規模の水田が大多数を占めていた．今後，モデル化に向けて，特に水田間の灌漑水や物質の移動について調査を進める予定である．

キーワード：棚田、灌漑、営農活動、フィリピン
Keywords: Terraced paddy fields, Irrigation, Agricultural activities, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 202 2F

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)、座長:佐藤 直人

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

15:30 ~ 16:00

[AGE31-01] Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

★Invited Papers

*吉村 義隆[1] (1.玉川大学農学部)

16:00 ~ 16:15

[AGE31-02] 減圧蒸発過程における砂中の水分移動

*溝口 勝[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

16:15 ~ 16:30

[AGE31-03] ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係

*佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[2]、野川 健人[2]、丸尾 裕一[2]、登尾 浩助[1] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科)

16:30 ~ 16:45

[AGE31-04] 低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響

*野川 健人[1]、佐藤 直人[2]、丸尾 裕一[1]、長沼 菜摘[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

16:45 ~ 17:00

[AGE31-05] 重力の異なる惑星下における浸透現象

*森 也寸志[1] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科)

Life search on Mars by Life Detection Microscope (LDM)

*吉村 義隆[1]
*Yoshitaka Yoshimura[1]

1. 玉川大学農学部
1. College of Agriculture, Tamagawa University

Recent findings on Mars tend to support the possible presence of living microbes near the surface of Mars. MSL Curiosity has found organic compounds [1], the temporal increase of methane concentration in Martian atmosphere [2] and reduced sulfur compounds such as pyrite in Martian soil [3]. Methane and reduced sulfur compounds can be energy sources to support the growth of chemoautotrophic microbes [4]. The detection of hydrated salts suggested the possible presence of liquid water at Recurring Slope Lineae [5]. Although present Martian environments are hostile to life, terrestrial microorganisms inhabit a wide range of environmental conditions, suggesting some microorganisms may survive near the surface [4]. Though UV radiation is harmful, it would be shielded by thin layers (less than a millimeter) of dust or regolith [6]. A depth of several centimeters from the surface, therefore, could provide sufficient covering for microorganisms to survive.

The Viking mission in 1970’s did not find evidence for life [7], however, the sensitivity of the GC-MS (mass spectrometer) onboard the Viking mission was found not to be very high, and it was not able to detect 10^6 microbial cells in 1 gram soil [8, 9], indicating that another life detection program is necessary.

The Life Detection Microscope (LDM) that we have proposed [6, 10] has the potential sensitivity much higher than the Viking instrument. Microscopes directly image life forms and identify their shapes, sizes, and other morphological structures and have the potential to detect a single cell in field of view. Therefore, the sensitivity can be as high as desired just by increasing the volume of sample to be scanned in a reasonable duration of experiment. LDM scans about 1 mm^3 and detects less than 10^4 cells in 1 gram soil at a spatial resolution of 1 μm [10]. LDM differentiates among organic compounds surrounded by membranes or with enzyme activity by staining the samples with fluorescent pigments. This technique is especially useful for the detection of living microorganisms.

Our investigation goals are the followings. 1) Identify cell-like structure in which organic compounds are enveloped by membrane, which may represent Martian life. 2) Search for organic compounds in Mars surface samples. The compounds include cells, other biological materials, and abiotic polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). 3) High-resolution characterization of regolith and dust particles. The search for living microorganisms is important not only for scientific interest but for planetary protection. Before future human missions begin, surveys investigating the presence of living microorganisms should be conducted to mitigate the risk of human contact with Martian microorganisms, which may be harmful to human health. The LDM would be also an effective tool for this purpose.

References

[1] Eigenbrode, J. L., et al., *Science*, 360 (2018).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Webster, C. R., et al., *Science*, 360 (2018).

[3] Ming, D., et al., *Science*, 343 (2014).

[4] Yamagishi, A., et al., *Biol. Sci. Space*, 24 (2010).

[5] Ojha, L., et al., *Nature Geosci.*, 8 (2015).

[6] Mancinelli, R. L., et al., *Planetary and Space Sci.*, 48 (2000).

[7] Margulis, L., et al., *J. Mol. Evol.*, 14 (1979).

[8] Glavin, D. P., et al., *Earth and Planetary Sci. Let.*, 185 (2001).

[9] Navarro-Gonzalez, R., et al., *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103 (2006).

[10] Yamagishi, A., et al., *Trans. JSASS, Aerospace Tech. Japan*, 16 (2018).

キーワード：蛍光顕微鏡、地球外生命
Keywords: fluorescent microscope, extraterrestrial life

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

減圧蒸発過程における砂中の水分移動

Moisture movement in sand during evaporation under reduced pressure

*溝口 勝[1]
*Masaru Mizoguchi[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. Graduate school of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

火星の地下における水分移動のメカニズムを探る目的で、減圧蒸発過程での砂カラム中の水分・温度・塩分分布を測定する実験を行った。その結果、低塩分濃度では試料が凍結するが高濃度では試料が凍結しないこと、液状水移動に伴い塩分が表層に移動すること、塩分濃度が高いほど蒸発量が多いことがわかった。これらは、減圧蒸発に伴う乾燥、潜熱損失による凍結、塩濃縮によるクラスト形成や凝固点降下などの現象が関係している。

キーワード：減圧過程、水分移動、蒸発
Keywords: under reduced pressure, Moisture movement, evaporation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガラスビーズ多孔質体中の水分挙動と重力の関係
Gravity effects on liquid behavior in porous media of uniform glass beads.

*佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[2]、野川 健人[2]、丸尾 裕一[2]、登尾 浩助[1]
*Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[2], Kento Nogawa[2], Yuichi Maruo[2], Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University

In recent years, evidence of the existence of water has been found on the moon and Mars. The water resources on the moon or Mars are expected to be utilized as an in situ resource for future manned exploration. It is necessary to elucidate how the water exists in the porous media and how we can extract it. Under the 1G condition, water flow in porous media is expressed by Richards' equation. According to Richards' equation, water moves by a matric potential gradient and a gravity gradient. It was reported that water movement by a matric potential gradient, however, changed under microgravity. Therefore, water movement under low gravity might be different from estimation by conventional water movement theory. In this study, we observed water movement in porous media made of glass beads under microgravity and evaluated the effects of gravity on liquid behavior in porous media. We conducted infiltration experiments using porous media of 0.4 mm grass beads under microgravity conditions created by parabolic flight. The advances of the gas-liquid interface were captured by a video camera and the infiltration rate was calculated. We also conducted a horizontal infiltration experiment under 1G and compared the infiltration rate under each gravity conditions. The infiltration rate under microgravity was slightly lower than the horizontal infiltration rate under 1G. The decrease of infiltration rate, however, was smaller than the decrease in the previous study using 1.5 mm glass beads.

キーワード：多孔質体、水分挙動、重力
Keywords: Porous media, Liquid behavior, Gravity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低重力下における粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響
Effects of changes in viscosity under low gravity on infiltration rate

*野川 健人[1]、佐藤 直人[2]、丸尾 裕一[1]、長沼 菜摘[1]、登尾 浩助[2]
*Kento Nogawa[1], Naoto Sato[2], Yuichi Maruo[1], Natsumi Naganuma[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

宇宙船内や火星・月表面上で作物栽培を行うためには多孔質体中の水分挙動を明らかにすることが重要である。しかしJonesら（1999）の実験により微小重力（μG）下における多孔質体中の水分移動速度は1G下と比べて低下することが明らかになった。また丸尾（2018）の実験によりμG下における毛管浸潤速度は1G下と比べて低下することが明らかになった。μG下における多孔質体中の浸潤は毛管力に依存すると考えられるため，毛管浸潤速度の低下がμG下における多孔質体中の浸潤速度低下を引き起こした可能性がある。μG下における毛管浸潤速度の低下は表面張力の低下，接触角の増加，粘度の増加のいずれかもしくは複数が原因でもたらされたと考えられる。長沼ら（2019）の実験によりμG下における水の表面張力は1G下と比べて変化しないことが明らかになった。また長沼ら（2018）の実験によりμG下における微小液滴の接触角は1G下と比べて変化しないことが明らかになった。しかし水の粘度の重力依存性を明らかにした先行研究はほとんど存在しない。そのため本実験では水の粘度の重力依存性を明らかにし，粘度の変化が浸潤速度に及ぼす影響を考察する。本実験では航空機としてMU-300（Diamond Air Service Inc., Nagoya, Japan）を使用しパラボリックフライトによる低重力実験を2日間行った。重力条件はμG（1日目: 3回, 2日目: 3回），1/6G（1日目: 3回, 2日目: 6回），1/3G（1日目: 5回, 2日目: 3回）の3条件であり、それぞれの低重力持続時間は20～30秒であった。重力の変化は機内に設置された加速度計より取得した。実験に使った内径64 mm，高さ41 mmのアクリルカラムには，カラム内壁の上部14 mmに撥水加工を行い，加工部と未加工部の境目が水面となるよう水位を調節した。カラムに充填する試料は脱気水を使用した。粘度の測定には粘度計（音叉型振動式粘度計 SV-10, A&D社）を使用した。また粘度計に内蔵された温度センサーにより水温を測定した。粘度と温度の測定間隔は1日目が2秒，2日目が1秒だった。水面の様子をビデオカメラ（GoPro Hero4, GoPro Inc.）で撮影した。実験の結果より0Gから1Gの範囲で粘度と重力の間に負の相関が見られた（Fig. 1）。また1Gから2Gの範囲では振動により測定値がばらつき，信頼できるデータが得られなかった。μG下において表面張力と接触角は変化しないことが分かっているため、毛管浸潤速度の低下は粘度の増加のみによってもたらされたと考えられる。このことからμG下における粘度の増加が毛管浸潤速度の低下にもたらす影響を考察する。丸尾（2018）は1G下と比較したμG下における毛管浸潤速度の変化率を遅延係数αで定義し，式（1）で表した（Fig. 2）。式（1）で粘度以外の値が1Gとμで変化しないと仮定すると式（2）が成り立つと考えられる（Fig. 3）。そこで丸尾（2018）の毛管浸潤実験における$1/\alpha^2$と本実験における$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$を比較する。$1/\alpha^2$は毛管径0.8 mmで2.49，2.3 mmで2.78，5.5 mmで3.19，$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$は1日目が2.66，2日目が2.70であり$1/\alpha^2$と$\eta_{\mu G}/\eta_{1G}$はほとんど同じ値となった。このことからμG下における毛管浸潤速度の低下は粘度の増加によってもたらされたと考えられる。

キーワード：粘度、低重力、浸潤速度
Keywords: viscosity, low gravity, infiltration rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

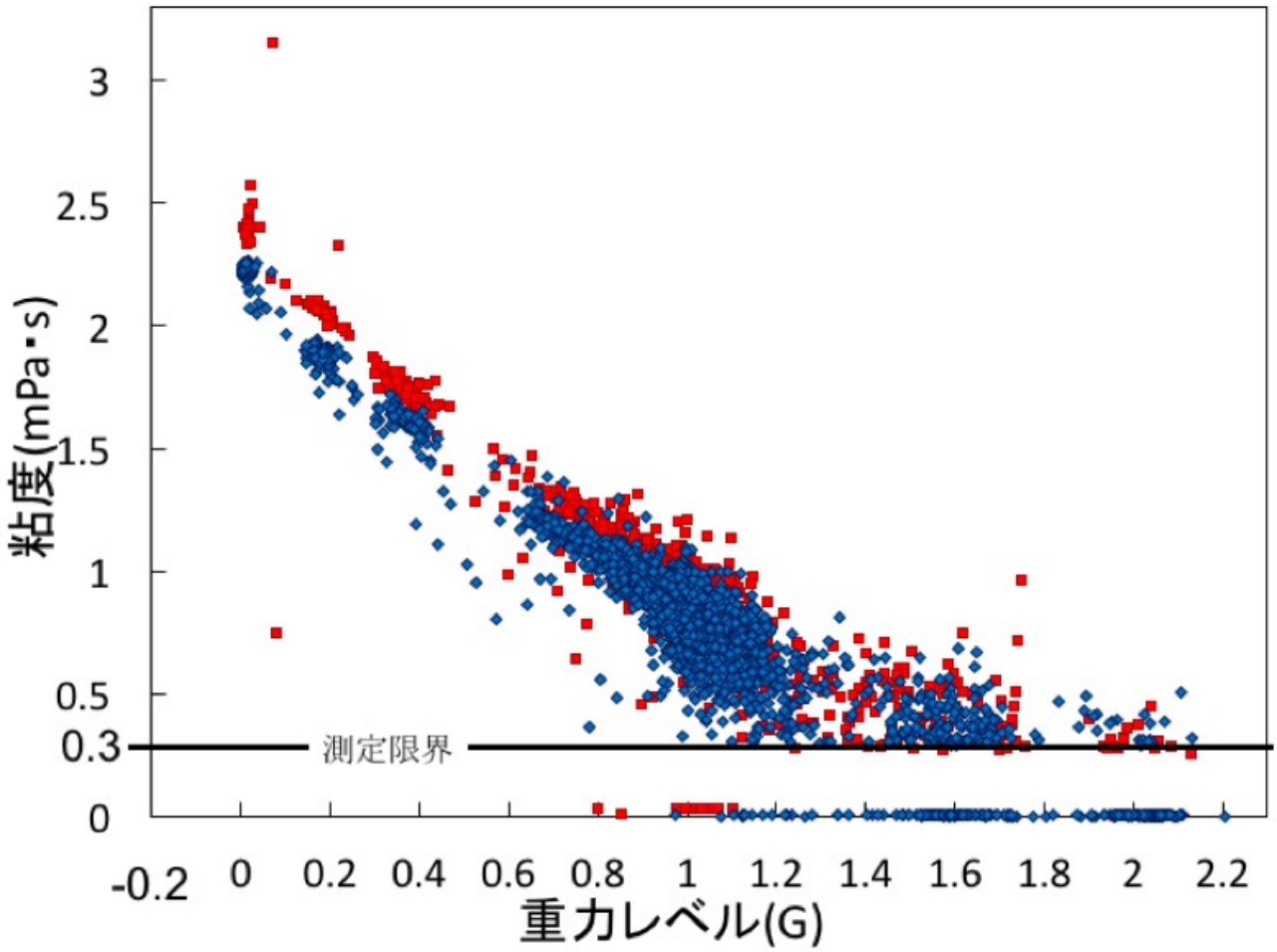


Fig. 1 粘度と重力の関係

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sigma_{\mu G}}{\sigma_{1G}} \frac{\cos\theta_{\mu G}}{\cos\theta_{1G}} \frac{\eta_{\mu G}}{\eta_{1G}}}$$

Fig. 2 式 (1)

α ：遅延係数, σ ：表面張力 (N/m),
θ ：接触角(°), η ：粘度(Pa・s)

$$\frac{1}{2} = \frac{\eta_{\mu G}}{}$$

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

重力の異なる惑星下における浸透現象
Differences in infiltration process on the planets under different gravity.

*森 也寸志[1]
*Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

宇宙ステーションにおける長期滞在，パラボリックフライトによる微少重力下における各種実験，と人類が重力を離れたところでどのように活動できるかその可能性を探る研究が盛んである．また，惑星・衛星探査において，水の存在や生物の痕跡を探ろうとする取り組みも盛んに行われている．もしそのような取り組みが現実味を帯びてきたとき，次の対象は大地であり，そのレゴリス（土壌）の中で液体がどのように振る舞うのか考察することは近未来の技術に貢献する．ここでは重力が異なる場合の溶液の浸透現象について考察する．パラボリックフライトにおいて，無重力となる際に器の水が麺類に吸い込まれる現象が観察されている．これは重力の影響が小さくなると多孔質体による毛管力の影響が相対的に大きくなり，慣性力による下方移動が制限される可能性を示している．実際，基礎実験をすると疑似重力が増加するごとに溶液の下方到達距離が長くなった．時間の影響もあるので慎重に考察する必要があるが，重力の小さな惑星でレゴリスを利用しようとした場合，例えば農地化など，水などの溶液は想定するほど下方には移動しない可能性を示している．

キーワード：微小重力、レゴリス、浸透現象
Keywords: micro-gravity, regolith, infiltration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

地球外宇宙における土壌科学の役割
Roles of soil science in ectraterestrial space

*登尾 浩助[1]
*Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

液体と固体の水が最近、月、火星、その他の隕石で発見されている。 人々は月や火星の基地建設やそこで野菜栽培の話をするが、そのような条件下での多孔質媒体中の水輸送にはほとんど言及しない。 土壌物理学は地球外でも1G状態の地球上と同様に重要な役割を果たす可能性がある。宇宙における水分移動の概要を議論する。

キーワード：地球外、水分、多孔質体
Keywords: extraterrestrial, water, porous media

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出
Characterization of Soil Organic Matter using Fourier Transform Infrared Spectrometer

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1]
*Iwasaki Masayoshi[1], Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科
1. okayama university graduate school environmental and life science

土壌中の有機物量を知る主な方法としては燃焼法によるTC（Total Carbon）の測定が挙げられる．しかし，これは総量の測定であり，測定した炭素の内訳はわからない．そこでFTIR（Fourier transform infrared spectrometer）を用いた赤外光による分析によって詳細な有機物分析を試みた．

計測の際には，ピークで波形が飽和しないように，光学的な希釈剤を用いる．赤外線吸収のほとんど無いKBrを使用することが多いが高価である。波形特性を調べるとKClが代替品として使用できることがわかり，これを希釈剤として利用した。まず標準物質として，濃度を変えたセルロースをKClと混合し，検量線を作成した。次いで，実圃場試料として，農地保全を行っている沖縄県石垣島サトウキビ畑の土壌について，比重1.0で分画を行い，耕起区マクロポア有・無，不耕起区マクロポア有・無の4処理区で，深さ0，10，20cmの計12個の土壌試料を測定した。さらに，有機物を含まないマサ土に対してセルロースとフミンを混合させた試料を比重1.8の重液で分画し，どこまで有機物を個別に抽出できるか実験した．重液にはポリタングステン酸ナトリウム溶液を使用した．また，マサ土にセルロースとフミンを混合させた試料に関しては，（マサ土＋セルロース1，2，3%），（マサ土＋フミン1，2，3%），（マサ土＋フミン3%＋セルロース1，2，3%）の計9つの試料を測定した．

その結果，セルロース量はFTIR吸収波形と線形比例し，計測が可能であるとわかった．実圃場の試料をセルロースのピーク波長で代表して分析すると，その量は全ての処理区で表層に最も多く，表層より下では，耕起区は不耕起区よりも多かった。これは比較的新しい植物の残渣の量を指していると考えられ，耕起区の方がこの割合が高いと推測できる。また，全炭素分析の結果と比べた時に，不耕起区ではそれ以外の有機物，例えば難分解性の有機物が多い可能性があると推測された。同じ全炭素量であっても耕起区と不耕起区ではその内容に違いがあり，耕起区ではセルロースを中心とする有機物が，不耕起区ではそれ以外の成分を中心とする有機物が多い可能性があった。これは一般的な耕起・不耕起の知見と一致する。さらに，重液を用いた実験では，（マサ土＋セルロース）と（マサ土＋フミン）で独立に混合した場合，両方とも線形比例である検量線を得て，それぞれの量の大小の比較が可能であった．しかし，（マサ土＋フミン＋セルロース）と混合した場合は，十分な精度が得られなかった．

これまで実際の土壌で有機物の特性を調べることができなかったが，土粒子と分離し，さらに比重で分画し，希釈剤にKClを用いることで，安価で効果的に有機物の質を調べられる可能性を得た。現状では抽出物の正確な定量は出来ないものの，量の大小の比較は可能であった。また，重液を用いた比重分画実験では，土と単一の有機物を混合させた物ならば効果的な分離と定量が行えたが，混合させる有機物が複数になると途端に測定の精度が下がってしまうため，この事への対処が今後の課題となった．

キーワード：土壌有機物、比重分画、フーリエ変換赤外分光光度計
Keywords: soil organic matter, specific gravity fractionation, fourier transform infrared spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下
The slowing down of water movement in capillary tubes under microgravity.

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2]
*Yuichi Maruo[1], Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[1], Kento Nogawa[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院、2. 明治大学
1. Graduate school of Agriculture, Meiji University, 2. Meiji University

The international deep space gateway is going to be built on the moon orbit from early 2020s. As manned space missions may get farther and longer, the importance of food production in space increases. For food production by growing crops in space, water by the crops plays an important role; however, few workers have conducted research on water movement in porous media under microgravity. It was reported that a water infiltration rate in porous media was slower under microgravity than under 1G. The objective of this study is to reveal what makes water move slower in porous media under microgravity. Capillary rises in capillary tubes, which were simpler pores, were observed under microgravity induced by a free-fall tower. The measured rates of capillary rise were slower than theoretical values calculated by Lucas-Washburn equation for 1G condition. The slower rates could be explained if either surface tension, contact angle, or viscosity are the function of gravity. Previous research reported that larger viscosity was observed under microgravity than under 1G although surface tension and contact angle were not changed by gravity. Slower water flows in capillary tubes under microgravity may be explained by changes in viscosity as a function of gravity.

キーワード：土壌物理学、微小重力、水分移動
Keywords: Soil physics , Microgravity, Water movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2]
*Natsumi Naganuma[1], Naoto Sato[1], Kento Nogawa[1], Yuichi Maruo[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

Matric potential gradient is one of the driving forces of water movement in porous media. It has been reported that water movement in porous media under microgravity was slower than that under 1G, and hydraulic characteristic curve changed. Therefore, there is a possibility that the matric potential changes under reduced gravity. Capillary pressure is the main factor of dominating the matric potential value in porous media with a relatively large pore size. In this study we investigated the dependence of capillary force on gravity. Capillary forces are governed by the surface tension and contact angle that the liquid makes with the solid surfaces. We measured the contact angle of droplets on glass plate under microgravity condition to reveal the dependence of the contact angle on gravity. For large droplets, the contact angle under microgravity was larger than that under 1G, but the difference in contact angle between 1G and μG reduced with smaller droplets. We also conducted parabolic experiments to measure the surface tension of water under reduced gravity (μG, 1/6G, 1/3G, 1G). The maximum bubble pressure method which is one of the methods measuring surface tension was used. The bubble pressure greatly changed due to dynamically change of the inboard air pressure during parabolic flight. Evaluation of the surface tension by removing air pressure and hydraulic pressure from bubble pressure will be discussed.

キーワード：capillary pressure、contact angle、surface tension、reduced gravity、maximum bubble method
Keywords: capillary pressure, contact angle, surface tension, reduced gravity, maximum bubble method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

地球外宇宙における土壌科学の役割
Roles of soil science in ectraterestrial space

*登尾 浩助[1]
*Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

液体と固体の水が最近、月、火星、その他の隕石で発見されている。 人々は月や火星の基地建設やそこで野菜栽培の話をするが、そのような条件下での多孔質媒体中の水輸送にはほとんど言及しない。 土壌物理学は地球外でも1G状態の地球上と同様に重要な役割を果たす可能性がある。宇宙における水分移動の概要を議論する。

キーワード：地球外、水分、多孔質体
Keywords: extraterrestrial, water, porous media

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出
Characterization of Soil Organic Matter using Fourier Transform Infrared Spectrometer

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1]
*Iwasaki Masayoshi[1], Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科
1. okayama university graduate school environmental and life science

土壌中の有機物量を知る主な方法としては燃焼法によるTC（Total Carbon）の測定が挙げられる．しかし，これは総量の測定であり，測定した炭素の内訳はわからない．そこでFTIR（Fourier transform infrared spectrometer）を用いた赤外光による分析によって詳細な有機物分析を試みた．

計測の際には，ピークで波形が飽和しないように，光学的な希釈剤を用いる．赤外線吸収のほとんど無いKBrを使用することが多いが高価である。波形特性を調べるとKClが代替品として使用できることがわかり，これを希釈剤として利用した。まず標準物質として，濃度を変えたセルロースをKClと混合し，検量線を作成した。次いで，実圃場試料として，農地保全を行っている沖縄県石垣島サトウキビ畑の土壌について，比重1.0で分画を行い，耕起区マクロポア有・無，不耕起区マクロポア有・無の4処理区で，深さ0，10，20cmの計12個の土壌試料を測定した。さらに，有機物を含まないマサ土に対してセルロースとフミンを混合させた試料を比重1.8の重液で分画し，どこまで有機物を個別に抽出できるか実験した．重液にはポリタングステン酸ナトリウム溶液を使用した．また，マサ土にセルロースとフミンを混合させた試料に関しては，（マサ土＋セルロース1，2，3%），（マサ土＋フミン1，2，3%），（マサ土＋フミン3%＋セルロース1，2，3%）の計9つの試料を測定した．

その結果，セルロース量はFTIR吸収波形と線形比例し，計測が可能であるとわかった．実圃場の試料をセルロースのピーク波長で代表して分析すると，その量は全ての処理区で表層に最も多く，表層より下では，耕起区は不耕起区よりも多かった。これは比較的新しい植物の残渣の量を指していると考えられ，耕起区の方がこの割合が高いと推測できる。また，全炭素分析の結果と比べた時に，不耕起区ではそれ以外の有機物，例えば難分解性の有機物が多い可能性があると推測された。同じ全炭素量であっても耕起区と不耕起区ではその内容に違いがあり，耕起区ではセルロースを中心とする有機物が，不耕起区ではそれ以外の成分を中心とする有機物が多い可能性があった。これは一般的な耕起・不耕起の知見と一致する。さらに，重液を用いた実験では，（マサ土＋セルロース）と（マサ土＋フミン）で独立に混合した場合，両方とも線形比例である検量線を得て，それぞれの量の大小の比較が可能であった．しかし，（マサ土＋フミン＋セルロース）と混合した場合は，十分な精度が得られなかった．

これまで実際の土壌で有機物の特性を調べることができなかったが，土粒子と分離し，さらに比重で分画し，希釈剤にKClを用いることで，安価で効果的に有機物の質を調べられる可能性を得た。現状では抽出物の正確な定量は出来ないものの，量の大小の比較は可能であった。また，重液を用いた比重分画実験では，土と単一の有機物を混合させた物ならば効果的な分離と定量が行えたが，混合させる有機物が複数になると途端に測定の精度が下がってしまうため，この事への対処が今後の課題となった．

キーワード：土壌有機物、比重分画、フーリエ変換赤外分光光度計
Keywords: soil organic matter, specific gravity fractionation, fourier transform infrared spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下
The slowing down of water movement in capillary tubes under microgravity.

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2]
*Yuichi Maruo[1], Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[1], Kento Nogawa[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院、2. 明治大学
1. Graduate school of Agriculture, Meiji University, 2. Meiji University

The international deep space gateway is going to be built on the moon orbit from early 2020s. As manned space missions may get farther and longer, the importance of food production in space increases. For food production by growing crops in space, water by the crops plays an important role; however, few workers have conducted research on water movement in porous media under microgravity. It was reported that a water infiltration rate in porous media was slower under microgravity than under 1G. The objective of this study is to reveal what makes water move slower in porous media under microgravity. Capillary rises in capillary tubes, which were simpler pores, were observed under microgravity induced by a free-fall tower. The measured rates of capillary rise were slower than theoretical values calculated by Lucas-Washburn equation for 1G condition. The slower rates could be explained if either surface tension, contact angle, or viscosity are the function of gravity. Previous research reported that larger viscosity was observed under microgravity than under 1G although surface tension and contact angle were not changed by gravity. Slower water flows in capillary tubes under microgravity may be explained by changes in viscosity as a function of gravity.

キーワード：土壌物理学、微小重力、水分移動
Keywords: Soil physics , Microgravity, Water movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2]
*Natsumi Naganuma[1], Naoto Sato[1], Kento Nogawa[1], Yuichi Maruo[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

Matric potential gradient is one of the driving forces of water movement in porous media. It has been reported that water movement in porous media under microgravity was slower than that under 1G, and hydraulic characteristic curve changed. Therefore, there is a possibility that the matric potential changes under reduced gravity. Capillary pressure is the main factor of dominating the matric potential value in porous media with a relatively large pore size. In this study we investigated the dependence of capillary force on gravity. Capillary forces are governed by the surface tension and contact angle that the liquid makes with the solid surfaces. We measured the contact angle of droplets on glass plate under microgravity condition to reveal the dependence of the contact angle on gravity. For large droplets, the contact angle under microgravity was larger than that under 1G, but the difference in contact angle between 1G and μG reduced with smaller droplets. We also conducted parabolic experiments to measure the surface tension of water under reduced gravity (μG, 1/6G, 1/3G, 1G). The maximum bubble pressure method which is one of the methods measuring surface tension was used. The bubble pressure greatly changed due to dynamically change of the inboard air pressure during parabolic flight. Evaluation of the surface tension by removing air pressure and hydraulic pressure from bubble pressure will be discussed.

キーワード：capillary pressure、contact angle、surface tension、reduced gravity、maximum bubble method
Keywords: capillary pressure, contact angle, surface tension, reduced gravity, maximum bubble method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)

The landmark Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) aims at reduction of greenhouse gases (GHGs) emission to keep the global warming below 2 degC. As per the agreement the nationally determined commitments (NDCs) and their progresses should be carefully monitored and verified by international bodies. The emission verification will be based on observation of the time evolution of greenhouse gases and model-based estimations of emissions from time to time.

In recent years, the number of observations and new techniques to monitor GHGs budget have been increasing. The improvements includes observational platforms for monitoring atmospheric GHGs, national or regional emission inventories, top-down models (e.g. atmospheric inverse models), and bottom-up models (e.g. process-based models). However, due to uncertainties in modeling and sparse observation network, high uncertainty exists in GHGs sources/sinks estimations at global and regional scales. These uncertainties lead to large variations in future projection of GHG budgets and climate changes.

The purpose of the session is to discuss state-of-the-art techniques for estimations of GHGs (e.g. CO2, CH4, N2O) budget at global and regional scales. The topic includes natural and anthropogenic processes, various methodologies (e.g. in-situ observation, aircraft monitoring, remote sensing, modeling), and various targets (e.g. atmosphere, terrestrial, and ocean), various spatial and temporal coverage (e.g. regional to global scales and past-present-future). Improved estimates of emissions from land use change, forest fires, and other anthropogenic sources (urban developments and thermal power station etc.) are also of interest. We also welcome discussions for designs and plans for future studies targeting city and country scale emission estimations using sophisticated modeling tools.

[ACG32-P01] Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Jagat Bisht[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

[ACG32-P02] Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1] (1.国立環境研究所、2.千葉大学)

[ACG32-P03] Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3] (1.Chiba University、2.Osaka Prefecture University、3.森林研究・整備機構)

[ACG32-P04] Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016

*Julie Karine Michelon[1]、Tomo'omi Kumagai[2,3]、Tetsuya Hiyama[3]、Hatsuki Fujinami[3]、Kazuho Matsumoto[4]、Tomonori Kume[5]、Takami Saito[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、4.Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus、5.Faculty of Agriculture, Kyushu University、6.Forest Research and Management Organization)

[ACG32-P05] モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尔 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.中央大学　研究開発機構、3.モンゴル科学院 地理地質生態研究所)

[ACG32-P06] Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1]、Zhiyan Liu[1]、Riku Kawase[1]、Kazuhito Ichii[1] (1.Chiba University)

Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1], Naveen Chandra[1], Jagat Bisht[1]

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Atmospheric observations of greenhouse gases provide accurate record the changes in their abundance in the Earth's environments, and it has now been well established that the increase in greenhouse gases concentrations is causing the rise in the mean surface air temperature. Using atmospheric chemistry-transport models (ACTM), along with the concentration measurements, we can estimate the sources and sinks of the chemical species. Using MIROC4-ACTM at JAMSTEC, we estimated regional sources and sinks of carbon dioxide (CO2), methane (CH4) and nitrous oxide (N2O) over the period of 1996 to 2016. This will help global stocktake every 5 years, as a independent estimate, when the coutries report their progress on nationally determined contributions (NDCs) under the Paris Agreement and their ammendments, overseen by the UNFCCC.

Keywords: Inverse modelling, Greenhouse gases sources and sinks, Paris Agreement and NDCs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1]
*Kazutaka Murakami[1], Kazuhito Ichii[1,2], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Makoto Saito[1]

1. 国立環境研究所、2. 千葉大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Chiba University

Global averaged temperature in 2018 was considerably higher than normal year. Probably it is the fourth highest in the past. Especially, it was memorable that East Asia, Europe, and the southwestern part of the United States were hit by record heat waves in this summer. It is important for the ecological resilience to investigate how much such extreme weather damages the terrestrial ecosystem and how will it change after that. In this study, we analyzed the effect of this extremely high temperature on terrestrial vegetation using satellite remote sensing data. First, we investigated the high temperature area using MODIS land surface temperature (LST) product. Then, focusing on these high LST areas, we analyzed the impact to satellite observed Solar Induced Fluorescence (SIF) that closely related to a photosynthetic activity. As a result, it was found that the LST of 2018 in the East Asia (Japan, Korea and North Korea) was the highest during 2002 - 2018 years. And it also indicated abnormal high LST regions from Germany to northern Europe. Analysis of SIF data showed a positive decline in Europe but did not show a clear trend in Asia. In addition, similar trends were seen from other satellite vegetation indices, and it was found that the terrestrial vegetation shows different responses in both areas affected by the same hot summer.

キーワード：2018年夏、熱波、衛星観測、太陽光励起クロロフィル蛍光
Keywords: 2018 summer, heat wave, satellite observation, SIF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3]
*Zhiyan Liu[1], Kazuhito Ichii[1], Yusuke Hayasi[1], Riku Kawase[1], Masahito Ueyama[2], Yuji Kominami[3]

1. Chiba University、2. Osaka Prefecture University、3. 森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Osaka Prefecture University, 3. Forest Research and Management Organization

Abstract
Data-driven approach is effective for understanding and up-scaling observation network data of terrestrial carbon fluxes. Recently, the expansion of observation network, the improvement of remote sensing products and more application of machine learning on natural science make it more possible. In this study, we estimated two important parameters of terrestrial ecosystem, terrestrial gross primary productivity (GPP) and net ecosystem exchange (NEE) through re-assessment of previous approaches [Ichii et al. 2017; Kondo et al. 2015]. We tested multiple combinations of input parameters with lagged effect, additional new input parameters and the updated MODIS datasets (Collection C6). Besides, we selected 3 typical machine learning methods (Random Forest, RF; Support Vector Regression, SVR; Artificial Neural Network, ANN) as data-driven method and compare the estimation from 3 different types of machine learning model. The site-level analysis shows that use of the new version data and the time-lagged improved the model performance. Finally, we compared our new estimation of GPP and NEE with several terrestrial models output and other available datasets and we found our new results show better consistency with them. This shows our estimation provides a good benchmark for understanding spatio-temporal variability in terrestrial GPP and NEE.

Acknowledgement

This research was financially supported by the Environment Research and Technology Development Fund (2-1701) of the Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan.

キーワード：Terrestrial Carbon Cycle、MODIS Collection6、Data-driven、time-lag effect
Keywords: Terrestrial Carbon Cycle, MODIS Collection6, Data-driven, time-lag effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016

*Julie Karine Michelon[1], Tomo'omi Kumagai[2,3], Tetsuya Hiyama[3], Hatsuki Fujinami[3], Kazuho Matsumoto[4], Tomonori Kume[5], Takami Saito[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 5. Faculty of Agriculture, Kyushu University, 6. Forest Research and Management Organization

Tropical rainforests belong to the most important biomes, as they are one of the largest terrestrial carbon sink and also a consequent source of latent energy. Furthermore, they will be among the first ecosystems to undergo climatic changes in the near future. Understanding how they will response to those changes is essential. El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is an opportunity to study ecosystem response under real climatic change conditions.

Transpiration (Tr), net ecosystem exchange (NEE) and heat fluxes were measured with an eddy covariance system in a natural rainforest in Sarawak, Malaysia. Meteorological and soil moisture observations were also conducted. This region does not have phase-locked dry periods, and seasonal variations of both air temperature and solar radiation are small. However, it is directly impacted by ENSO events. During the study period, from November 2009 to December 2016, two events were selected : La Niña 2010-2011 and El Niño 2014-2016. Normal conditions were assumed as a third "neutral" period. Comparisons of measured flux and meteorological drivers between the three periods were carried out, and analysis of environmental controls, as canopy conductance (g_c) were made.

Precipitation and air temperature were significantly different between the three periods. While the water cycle (latent heat flux, Tr, g_c) responded immediately to the changes imposed by La Niña, the enhancement of the ecosystem respiration balanced the gross primary production gain, resulting into a NEE similar to neutral conditions. Conversely, the NEE during El Niño was significantly smaller than during neutral, when the water cycle seemed not impacted. However, further observations of this late rainforest response evolution showed that, during the first part of El Niño, Tr and g_c increased while CO_2 flux reduced. Then, during the second part, the trend reversed : CO_2 flux increased and Tr, as well as g_c, reduced. This may indicate a time lag between the meteorological drivers (precipitation and air temperature) changes imposed by El Niño and the ecosystem response (H_2O and CO_2 fluxes). The response delay may be caused by the rainforest tendency to poorly regulate its water use, being a particular moist environment. As for the response itself, it may be triggered by the depletion of the soil water content.

Those results imply that considering the length of El Niño and the ecosystem response trigger are important to understand and model bornean rainforest fluxes under future climatic scenario.

Keywords: Borneo, Rainforest, ENSO, NEE, Transpiration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価
Monitoring and Evaluating CO2 Flux in the Grassland Areas of Mongolia

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尓 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3]
*Qinxue Wang[1], Tomohiro Okadera[1], Deni Eer[1], Masataka Watanabe[2], Tomohiro Shishime[2], Akihiro Oba[2], Ochirbat Batkhishig[3]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所、2. 中央大学　研究開発機構、3. モンゴル科学院 地理地質生態研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Research and Development Initiative, Chuo University, 3. Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences

温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)のプロダクトデータを検証するため、本研究では、ウランバートル近郊（Nalaikh）及び都市の影響が少ない牧草地（Hustai）において、それぞれ渦相関法による温室効果ガスCO2のフラックス、即ち、草原生態系によるCO2吸排出量のモニタリングを実施した。モニタリングに必要なCO2フラックス測定システムの維持保守の一環として、標準ガスを用いてCO2アナライザーのキャリブレーションを実施した。これにより、観測当初から今までに約4年間の観測データが蓄積され、解析を行った。その結果、両サイトでのCO2吸収量は排出量より大きく、共に炭素の吸収源（シンク）であることが分かった。そのうち、NalaikhサイトでのCO2吸収量の平均値は約2.66μmol m-2 s-1であり、排出量は約1.53μmol m-2 s-1であるが、Hustaiサイトでの吸収量は約2.11μmol m-2 s-1であり、排出量は約1.37μmol m-2 s-1である (図1)。つまり、NalaikhサイトでのCO2純吸収量(0.76μmol m-2 s-1)はHustaiサイト(0.36μmol m-2 s-1)より大きいことが分かった。

なお、本研究の対象地域であるNalaikhとHustai両サイトのGOSAT L4Bプロダクトデータのグリッドデータからの CO2吸排出量の月平均値を抽出して、地上観測システムによるCO2フラックスの月平均値との比較を行った。その結果、季節的な変化パターンや変動幅が近いものの、GOSATによるCO2の排出量が大きく示されたため、両サイト共にCO2の排出源であると示唆された。しかし、地上観測のフラックス観測値を解析した結果、両サイト共にCO2の吸収量が排出量を上回る結果となり、共にCO2の吸収源であると示唆した(図2)。その原因を解明するため、今後、更なる検証が必要である。

最後に、モンゴル全土における草原域のCO2フラックスを推定するため、放牧強度を熟考した炭素フラックスの推定方法を検討した。その結果、ウランバートル市周辺のNalaikh地域では、放牧密度が高く、それによる炭素の損失量は草原生態系による炭素正味吸収量（NEP）の約19～38%を占めており、一方、都市から離れたHustai地域では、放牧活動による炭素の損失量はNEP の約7～20%であることを分かった（図3）。つまり、大都市周辺地域では、放牧活動が草地生態系の炭素吸収排出量に大きな影響を及ぼしていることが示された。この推定結果を検証するため、両サイトで定点カメラを設置し、柵内と柵外の植生の季節変動と家畜の影響を監視した。その結果、柵内外の植生バイオマスが家畜の摂取による影響が大きく、特に植生が最も旺盛な時期に柵内外の植生バイオマス量が大きく異なることが見られた。

本研究は環境省の「二国間クレジット制度（JCM）推進のためのMRV等関連するモンゴルにおける技術高度化事業」のご支援で実施されたものである。

キーワード：炭素フラックス、草原生態系、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)
Keywords: Carbon flux, Grassland ecosystem, The Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

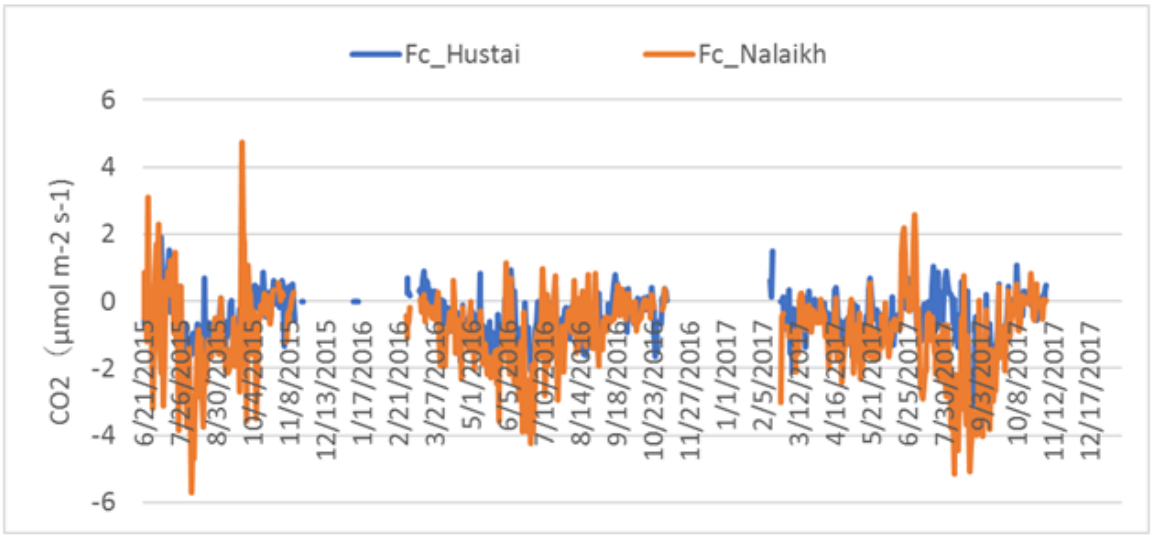


Figure 1 Comparison of CO2 flux observed at Nalaikh Site and Hustai Site

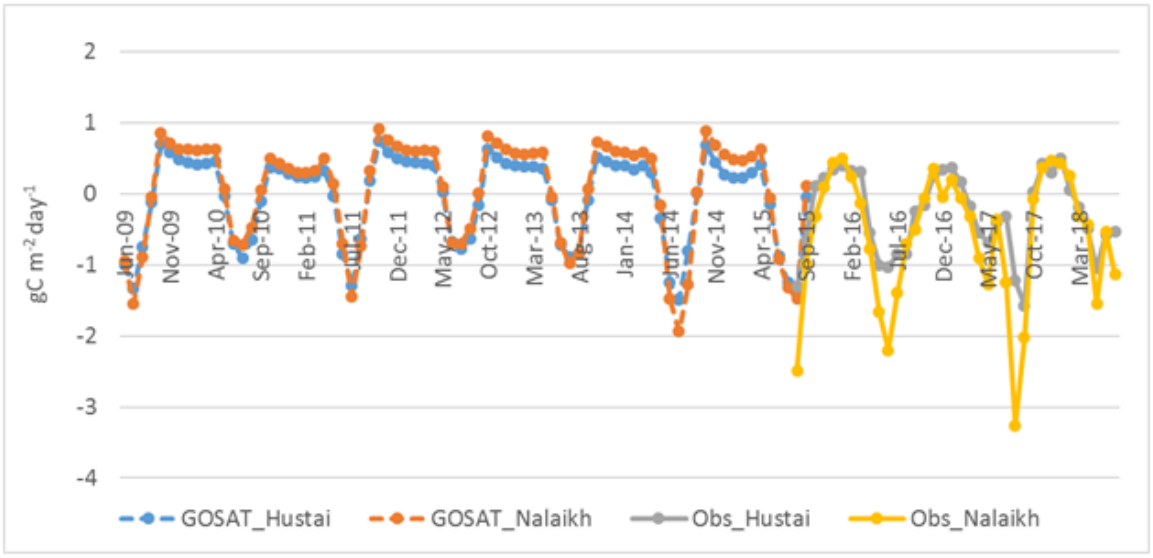


Figure 2 Comparison of GOSAT L4B and observations at Nalaikh Site and Hustai Site

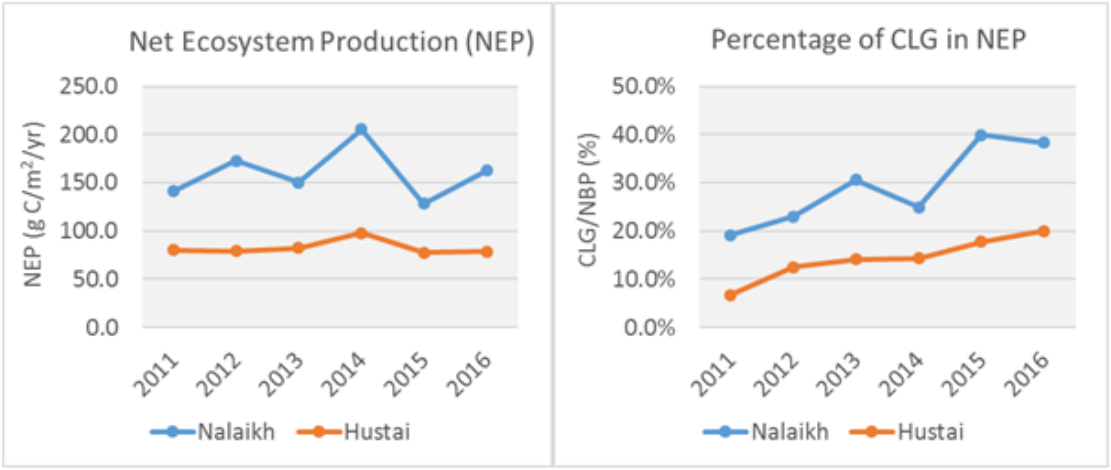


Figure 3 Impact of livestock grazing on NEP at Nalaikh Site and Hustai Site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1], Zhiyan Liu[1], Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[1]

1. Chiba University

Mongolia has been experiencing both climate changes and anthropogenic environmental changes. Therefore, it is important to monitor environmental changes. In particular, more and more observation-based data sets are available, and synthesis analysis using these multiple observation-based data sets are essential.

We analyzed changes in the terrestrial environmental environment in Mongolia from the 1980s to 2010s. We focused on two different temporal periods, the 1980s to 2010s and 2000 to 2015. As for the first period (1980s to 2010s), we used NOAA AVHRR data sets, observed climate data sets for the analysis. As for the second period (1980s to 2010s), we used multiple remote sensing data sets (e.g. Terra MODIS), empirically upscaled CO2 flux products, and outputs from terrestrial ecosystem models. We will show and discuss the estimated terrestrial environmental changes in Mongolia at the conference.

Keywords: climate change, terrestrial environments, carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)

The landmark Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) aims at reduction of greenhouse gases (GHGs) emission to keep the global warming below 2 degC. As per the agreement the nationally determined commitments (NDCs) and their progresses should be carefully monitored and verified by international bodies. The emission verification will be based on observation of the time evolution of greenhouse gases and model-based estimations of emissions from time to time.

In recent years, the number of observations and new techniques to monitor GHGs budget have been increasing. The improvements includes observational platforms for monitoring atmospheric GHGs, national or regional emission inventories, top-down models (e.g. atmospheric inverse models), and bottom-up models (e.g. process-based models). However, due to uncertainties in modeling and sparse observation network, high uncertainty exists in GHGs sources/sinks estimations at global and regional scales. These uncertainties lead to large variations in future projection of GHG budgets and climate changes.

The purpose of the session is to discuss state-of-the-art techniques for estimations of GHGs (e.g. CO2, CH4, N2O) budget at global and regional scales. The topic includes natural and anthropogenic processes, various methodologies (e.g. in-situ observation, aircraft monitoring, remote sensing, modeling), and various targets (e.g. atmosphere, terrestrial, and ocean), various spatial and temporal coverage (e.g. regional to global scales and past-present-future). Improved estimates of emissions from land use change, forest fires, and other anthropogenic sources (urban developments and thermal power station etc.) are also of interest. We also welcome discussions for designs and plans for future studies targeting city and country scale emission estimations using sophisticated modeling tools.

[ACG32-P01] Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Jagat Bisht[1] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC))

[ACG32-P02] Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1] (1.国立環境研究所、2.千葉大学)

[ACG32-P03] Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3] (1.Chiba University、2.Osaka Prefecture University、3.森林研究・整備機構)

[ACG32-P04] Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016

*Julie Karine Michelon[1]、Tomo'omi Kumagai[2,3]、Tetsuya Hiyama[3]、Hatsuki Fujinami[3]、Kazuho Matsumoto[4]、Tomonori Kume[5]、Takami Saito[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、4.Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus、5.Faculty of Agriculture, Kyushu University、6.Forest Research and Management Organization)

[ACG32-P05] モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尔 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.中央大学　研究開発機構、3.モンゴル科学院 地理地質生態研究所)

[ACG32-P06] Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1]、Zhiyan Liu[1]、Riku Kawase[1]、Kazuhito Ichii[1] (1.Chiba University)

Regional budgets of 3 major greenhouse gases using inverse modelling of atmospheric data

*Prabir Patra[1], Naveen Chandra[1], Jagat Bisht[1]

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Atmospheric observations of greenhouse gases provide accurate record the changes in their abundance in the Earth's environments, and it has now been well established that the increase in greenhouse gases concentrations is causing the rise in the mean surface air temperature. Using atmospheric chemistry-transport models (ACTM), along with the concentration measurements, we can estimate the sources and sinks of the chemical species. Using MIROC4-ACTM at JAMSTEC, we estimated regional sources and sinks of carbon dioxide (CO2), methane (CH4) and nitrous oxide (N2O) over the period of 1996 to 2016. This will help global stocktake every 5 years, as a independent estimate, when the coutries report their progress on nationally determined contributions (NDCs) under the Paris Agreement and their ammendments, overseen by the UNFCCC.

Keywords: Inverse modelling, Greenhouse gases sources and sinks, Paris Agreement and NDCs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of hot summer in 2018

*村上 和隆[1]、市井 和仁[1,2]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、齊藤 誠[1]
*Kazutaka Murakami[1], Kazuhito Ichii[1,2], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Makoto Saito[1]

1. 国立環境研究所、2. 千葉大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Chiba University

Global averaged temperature in 2018 was considerably higher than normal year. Probably it is the fourth highest in the past. Especially, it was memorable that East Asia, Europe, and the southwestern part of the United States were hit by record heat waves in this summer. It is important for the ecological resilience to investigate how much such extreme weather damages the terrestrial ecosystem and how will it change after that. In this study, we analyzed the effect of this extremely high temperature on terrestrial vegetation using satellite remote sensing data. First, we investigated the high temperature area using MODIS land surface temperature (LST) product. Then, focusing on these high LST areas, we analyzed the impact to satellite observed Solar Induced Fluorescence (SIF) that closely related to a photosynthetic activity. As a result, it was found that the LST of 2018 in the East Asia (Japan, Korea and North Korea) was the highest during 2002 - 2018 years. And it also indicated abnormal high LST regions from Germany to northern Europe. Analysis of SIF data showed a positive decline in Europe but did not show a clear trend in Asia. In addition, similar trends were seen from other satellite vegetation indices, and it was found that the terrestrial vegetation shows different responses in both areas affected by the same hot summer.

キーワード：2018年夏、熱波、衛星観測、太陽光励起クロロフィル蛍光
Keywords: 2018 summer, heat wave, satellite observation, SIF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Updated Data-Driven GPP and NEE Estimation Using Machine Learning Algorithms with Remote Sensing and Flux Data

*Zhiyan Liu[1]、市井 和仁[1]、林 悠介[1]、川瀬 陸[1]、植山 雅仁[2]、小南 裕志[3]
*Zhiyan Liu[1], Kazuhito Ichii[1], Yusuke Hayasi[1], Riku Kawase[1], Masahito Ueyama[2], Yuji Kominami[3]

1. Chiba University、2. Osaka Prefecture University、3. 森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Osaka Prefecture University, 3. Forest Research and Management Organization

Abstract
Data-driven approach is effective for understanding and up-scaling observation network data of terrestrial carbon fluxes. Recently, the expansion of observation network, the improvement of remote sensing products and more application of machine learning on natural science make it more possible. In this study, we estimated two important parameters of terrestrial ecosystem, terrestrial gross primary productivity (GPP) and net ecosystem exchange (NEE) through re-assessment of previous approaches [Ichii et al. 2017; Kondo et al. 2015]. We tested multiple combinations of input parameters with lagged effect, additional new input parameters and the updated MODIS datasets (Collection C6). Besides, we selected 3 typical machine learning methods (Random Forest, RF; Support Vector Regression, SVR; Artificial Neural Network, ANN) as data-driven method and compare the estimation from 3 different types of machine learning model. The site-level analysis shows that use of the new version data and the time-lagged improved the model performance. Finally, we compared our new estimation of GPP and NEE with several terrestrial models output and other available datasets and we found our new results show better consistency with them. This shows our estimation provides a good benchmark for understanding spatio-temporal variability in terrestrial GPP and NEE.

Acknowledgement

This research was financially supported by the Environment Research and Technology Development Fund (2-1701) of the Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan.

キーワード：Terrestrial Carbon Cycle、MODIS Collection6、Data-driven、time-lag effect
Keywords: Terrestrial Carbon Cycle, MODIS Collection6, Data-driven, time-lag effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Response of a Bornean Rainforest to the Climatic Changes imposed by ENSO during 2009-2016

*Julie Karine Michelon[1], Tomo'omi Kumagai[2,3], Tetsuya Hiyama[3], Hatsuki Fujinami[3], Kazuho Matsumoto[4], Tomonori Kume[5], Takami Saito[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 4. Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 5. Faculty of Agriculture, Kyushu University, 6. Forest Research and Management Organization

Tropical rainforests belong to the most important biomes, as they are one of the largest terrestrial carbon sink and also a consequent source of latent energy. Furthermore, they will be among the first ecosystems to undergo climatic changes in the near future. Understanding how they will response to those changes is essential. El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is an opportunity to study ecosystem response under real climatic change conditions.

Transpiration (Tr), net ecosystem exchange (NEE) and heat fluxes were measured with an eddy covariance system in a natural rainforest in Sarawak, Malaysia. Meteorological and soil moisture observations were also conducted. This region does not have phase-locked dry periods, and seasonal variations of both air temperature and solar radiation are small. However, it is directly impacted by ENSO events. During the study period, from November 2009 to December 2016, two events were selected : La Niña 2010-2011 and El Niño 2014-2016. Normal conditions were assumed as a third "neutral" period. Comparisons of measured flux and meteorological drivers between the three periods were carried out, and analysis of environmental controls, as canopy conductance (g_c) were made.

Precipitation and air temperature were significantly different between the three periods. While the water cycle (latent heat flux, Tr, g_c) responded immediately to the changes imposed by La Niña, the enhancement of the ecosystem respiration balanced the gross primary production gain, resulting into a NEE similar to neutral conditions. Conversely, the NEE during El Niño was significantly smaller than during neutral, when the water cycle seemed not impacted. However, further observations of this late rainforest response evolution showed that, during the first part of El Niño, Tr and g_c increased while CO_2 flux reduced. Then, during the second part, the trend reversed : CO_2 flux increased and Tr, as well as g_c, reduced. This may indicate a time lag between the meteorological drivers (precipitation and air temperature) changes imposed by El Niño and the ecosystem response (H_2O and CO_2 fluxes). The response delay may be caused by the rainforest tendency to poorly regulate its water use, being a particular moist environment. As for the response itself, it may be triggered by the depletion of the soil water content.

Those results imply that considering the length of El Niño and the ecosystem response trigger are important to understand and model bornean rainforest fluxes under future climatic scenario.

Keywords: Borneo, Rainforest, ENSO, NEE, Transpiration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モンゴルの草原域におけるCO2フラックスのモニタリングと評価
Monitoring and Evaluating CO2 Flux in the Grassland Areas of Mongolia

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、額尓 徳尼[1]、渡邉 正孝[2]、志々目 友博[2]、大場 章弘[2]、Ochirbat Batkhishig[3]
*Qinxue Wang[1], Tomohiro Okadera[1], Deni Eer[1], Masataka Watanabe[2], Tomohiro Shishime[2], Akihiro Oba[2], Ochirbat Batkhishig[3]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所、2. 中央大学　研究開発機構、3. モンゴル科学院 地理地質生態研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Research and Development Initiative, Chuo University, 3. Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences

温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)のプロダクトデータを検証するため、本研究では、ウランバートル近郊（Nalaikh）及び都市の影響が少ない牧草地（Hustai）において、それぞれ渦相関法による温室効果ガスCO2のフラックス、即ち、草原生態系によるCO2吸排出量のモニタリングを実施した。モニタリングに必要なCO2フラックス測定システムの維持保守の一環として、標準ガスを用いてCO2アナライザーのキャリブレーションを実施した。これにより、観測当初から今までに約4年間の観測データが蓄積され、解析を行った。その結果、両サイトでのCO2吸収量は排出量より大きく、共に炭素の吸収源（シンク）であることが分かった。そのうち、NalaikhサイトでのCO2吸収量の平均値は約2.66μmol m-2 s-1であり、排出量は約1.53μmol m-2 s-1であるが、Hustaiサイトでの吸収量は約2.11μmol m-2 s-1であり、排出量は約1.37μmol m-2 s-1である (図1)。つまり、NalaikhサイトでのCO2純吸収量(0.76μmol m-2 s-1)はHustaiサイト(0.36μmol m-2 s-1)より大きいことが分かった。

なお、本研究の対象地域であるNalaikhとHustai両サイトのGOSAT L4Bプロダクトデータのグリッドデータからの CO2吸排出量の月平均値を抽出して、地上観測システムによるCO2フラックスの月平均値との比較を行った。その結果、季節的な変化パターンや変動幅が近いものの、GOSATによるCO2の排出量が大きく示されたため、両サイト共にCO2の排出源であると示唆された。しかし、地上観測のフラックス観測値を解析した結果、両サイト共にCO2の吸収量が排出量を上回る結果となり、共にCO2の吸収源であると示唆した(図2)。その原因を解明するため、今後、更なる検証が必要である。

最後に、モンゴル全土における草原域のCO2フラックスを推定するため、放牧強度を熟考した炭素フラックスの推定方法を検討した。その結果、ウランバートル市周辺のNalaikh地域では、放牧密度が高く、それによる炭素の損失量は草原生態系による炭素正味吸収量（NEP）の約19～38%を占めており、一方、都市から離れたHustai地域では、放牧活動による炭素の損失量はNEP の約7～20%であることを分かった（図3）。つまり、大都市周辺地域では、放牧活動が草地生態系の炭素吸収排出量に大きな影響を及ぼしていることが示された。この推定結果を検証するため、両サイトで定点カメラを設置し、柵内と柵外の植生の季節変動と家畜の影響を監視した。その結果、柵内外の植生バイオマスが家畜の摂取による影響が大きく、特に植生が最も旺盛な時期に柵内外の植生バイオマス量が大きく異なることが見られた。

本研究は環境省の「二国間クレジット制度（JCM）推進のためのMRV等関連するモンゴルにおける技術高度化事業」のご支援で実施されたものである。

キーワード：炭素フラックス、草原生態系、温室効果ガス観測技術衛星(GOSAT)
Keywords: Carbon flux, Grassland ecosystem, The Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

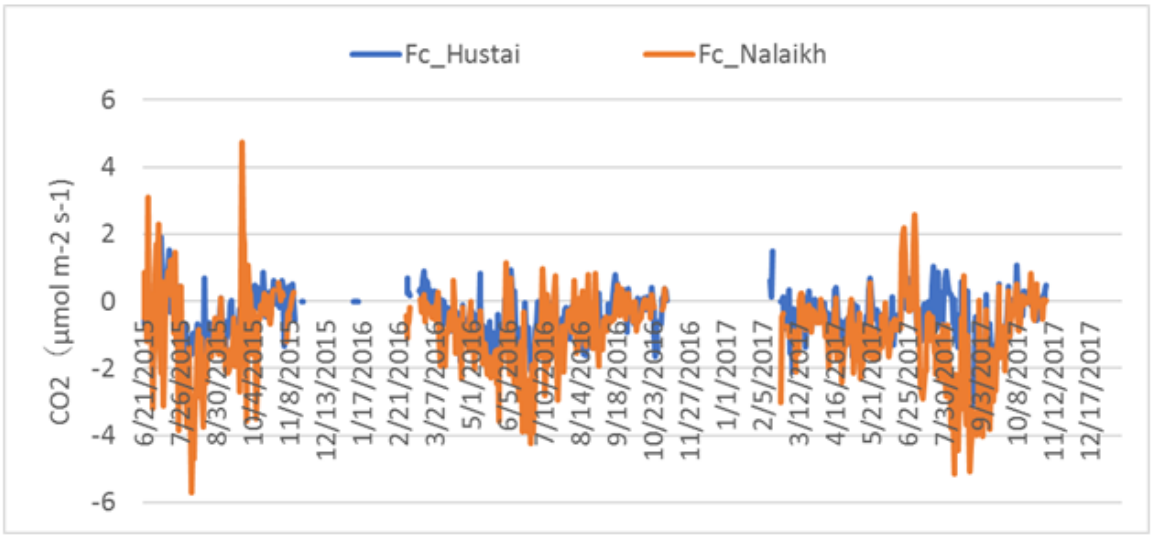


Figure 1 Comparison of CO2 flux observed at Nalaikh Site and Hustai Site

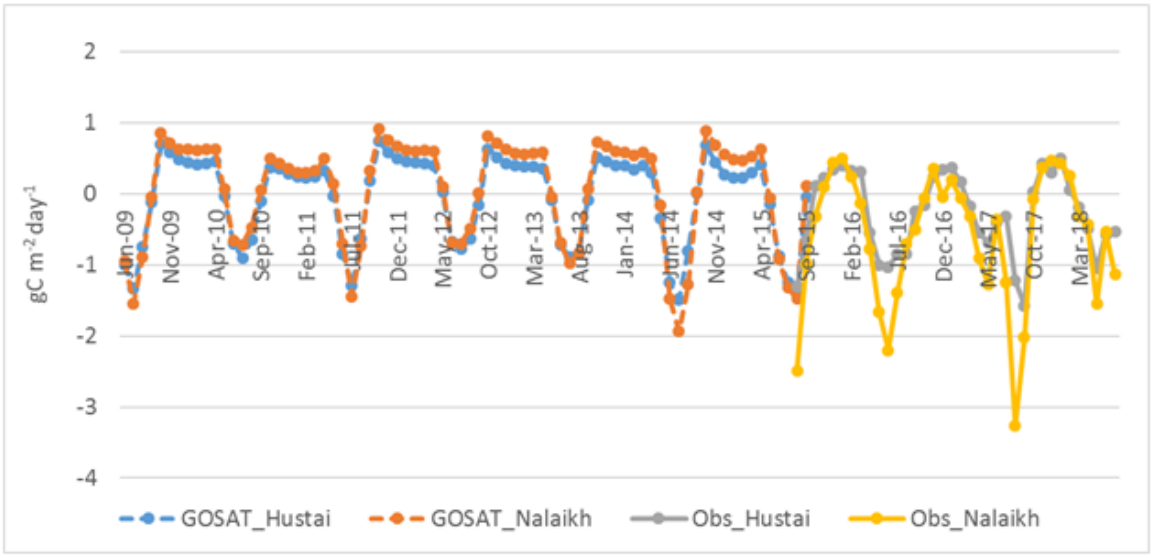


Figure 2 Comparison of GOSAT L4B and observations at Nalaikh Site and Hustai Site

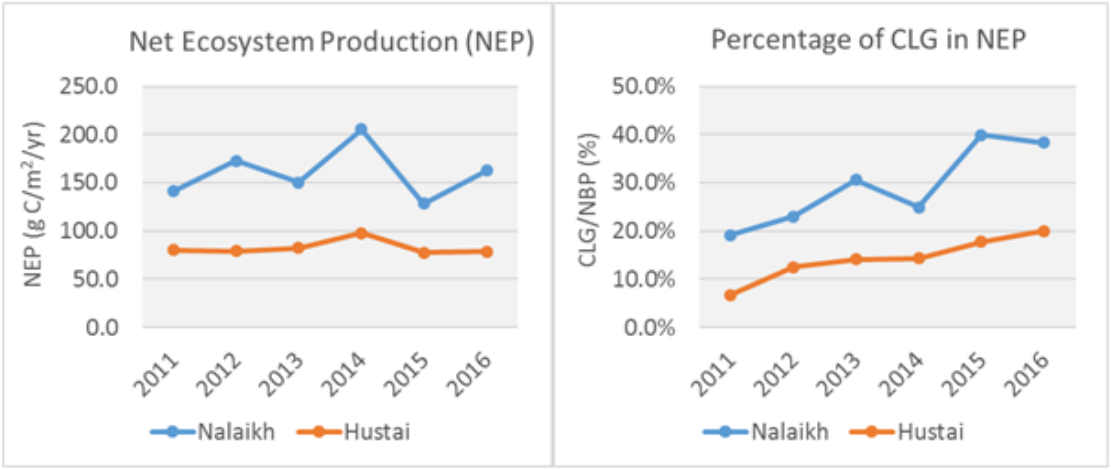


Figure 3 Impact of livestock grazing on NEP at Nalaikh Site and Hustai Site

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data-driven monitoring of terrestrial carbon cycle in Mongolia

*ZAYA MART[1], Zhiyan Liu[1], Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[1]

1. Chiba University

Mongolia has been experiencing both climate changes and anthropogenic environmental changes. Therefore, it is important to monitor environmental changes. In particular, more and more observation-based data sets are available, and synthesis analysis using these multiple observation-based data sets are essential.

We analyzed changes in the terrestrial environmental environment in Mongolia from the 1980s to 2010s. We focused on two different temporal periods, the 1980s to 2010s and 2000 to 2015. As for the first period (1980s to 2010s), we used NOAA AVHRR data sets, observed climate data sets for the analysis. As for the second period (1980s to 2010s), we used multiple remote sensing data sets (e.g. Terra MODIS), empirically upscaled CO2 flux products, and outputs from terrestrial ecosystem models. We will show and discuss the estimated terrestrial environmental changes in Mongolia at the conference.

Keywords: climate change, terrestrial environments, carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 301A 3F

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute for Environmental Studies)、座長:市井 和仁

The landmark Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) aims at reduction of greenhouse gases (GHGs) emission to keep the global warming below 2 degC. As per the agreement the nationally determined commitments (NDCs) and their progresses should be carefully monitored and verified by international bodies. The emission verification will be based on observation of the time evolution of greenhouse gases and model-based estimations of emissions from time to time.
In recent years, the number of observations and new techniques to monitor GHGs budget have been increasing. The improvements includes observational platforms for monitoring atmospheric GHGs, national or regional emission inventories, top-down models (e.g. atmospheric inverse models), and bottom-up models (e.g. process-based models). However, due to uncertainties in modeling and sparse observation network, high uncertainty exists in GHGs sources/sinks estimations at global and regional scales. These uncertainties lead to large variations in future projection of GHG budgets and climate changes.
The purpose of the session is to discuss state-of-the-art techniques for estimations of GHGs (e.g. CO2, CH4, N2O) budget at global and regional scales. The topic includes natural and anthropogenic processes, various methodologies (e.g. in-situ observation, aircraft monitoring, remote sensing, modeling), and various targets (e.g. atmosphere, terrestrial, and ocean), various spatial and temporal coverage (e.g. regional to global scales and past-present-future). Improved estimates of emissions from land use change, forest fires, and other anthropogenic sources (urban developments and thermal power station etc.) are also of interest. We also welcome discussions for designs and plans for future studies targeting city and country scale emission estimations using sophisticated modeling tools.

13:45 ~ 14:00

[ACG32-01] A high-resolution fossil fuel CO2 emission gridded dataset for tracer transport simulations and flux inversions: An overview, evaluations, applications and future perspectives

★Invited Papers

*Tomohiro Oda[1,2]、Shamil Maksyutov [3]、Miguel O. Roman [2,4]、Zhousen Wang [4]、Thomas Lauvaux[6,5]、Sha Feng [5]、Rostyslav Bun [7,8]、James Wang [2,1]、Randy Kawa [1]、Lesley Ott[1]、Steven Pawson[1] (1.NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA 、2.Universities Space Research Association, Columbia, MD, USA 、3.Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, Japan 、4.Terrestrial Information Systems Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA 、5.Department of Meteorology and Atmospheric Science, Penn. State University, State College, PA, USA 、6.Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, Gif sur Yvette, France、7.Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine 、8.University of Dąbrowa Górnicza, Górnicza, Poland)

14:00 ~ 14:15

[ACG32-02] グローバル二酸化炭素排出インベントリーの不確実性の低減に向けて

*叢 日超[1]、齊藤 誠[1]、平田 竜一[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立環境研究所　地球環境研究センター)

14:15 ~ 14:30

[ACG32-03] Evaluation of MIROC4-ACTM reanalysis of GHGs concentrations using aircraft

*Jagat Bisht[1]、Prabir Patra[1]、Naveen Chandra[1]、Sergey Gromov[2]、Taku Umezawa[3]、Andreas Zahn[4]、cARL A. M. Brenninkmeijer[5] (1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokohama, Japan、2.Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany、3.National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan、4.Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for

Meteorology and Climate Research, Karlsruhe, Germany、5.Max Planck Institute for Chemistry, Air Chemistry Division, Mainz, Germany)

14:30 ~ 14:45

[ACG32-04] **Carbon flux estimation using NICAM-TM 4D-Var and GOSAT data towards GOSAT-2 Level 4 product**

*佐伯 田鶴[1]、丹羽 洋介[1]、齊藤 誠[1] (1.国立研究開発法人 国立環境研究所)

14:45 ~ 15:00

[ACG32-05] **Attribution of the ambiguity in methane's growth rate shifts during 1988-2016.**

*Naveen Chandra[1]、Prabir Patra[1] (1.Japan Agency for Marine Earth Science and Technology)

15:00 ~ 15:15

[ACG32-06] **Ocean uptake and land use change emissions suppressed atmospheric CO_2 growth in the 2015/16 El Niño**

*近藤 雅征[1]、Landschützer Peter [2]、Iida Yousuke [3]、Houghton Richard [4]、Sitch Stephen [5] (1.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、2.Max Planck Institute for Meteorology、3.Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency、4.Woods Hole Research Center、5.University of Exeter)

A high-resolution fossil fuel CO2 emission gridded dataset for tracer transport simulations and flux inversions: An overview, evaluations, applications and future perspectives

*Tomohiro Oda[1,2], Shamil Maksyutov [3], Miguel O. Roman [2,4], Zhousen Wang [4], Thomas Lauvaux[6,5], Sha Feng [5], Rostyslav Bun [7,8], James Wang [2,1], Randy Kawa [1], Lesley Ott[1], Steven Pawson[1]

1. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA , 2. Universities Space Research Association, Columbia, MD, USA , 3. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Ibaraki, Japan , 4. Terrestrial Information Systems Laboratory, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA , 5. Department of Meteorology and Atmospheric Science, Penn. State University, State College, PA, USA , 6. Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, Gif sur Yvette, France, 7. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine , 8. University of Dąbrowa Górnicza, Górnicza, Poland

Carbon dioxide (CO_2) emissions from fossil fuel combustion (Fossil fuel CO_2, FFCO2) is the largest input to the global carbon cycle over the decadal time scales. FFCO2 needs to be accurately quantified and monitored in order to deduce the carbon uptakes by natural sinks from atmospheric measurements as well as support the emission reduction and management. The Open-source Data Inventory for Anthropogenic CO_2 (ODIAC) is a global, high-spatial resolution (1x1km) gridded FFCO2 emission data product. We first pioneered the combined use of the point source information and satellite-observed nighttime lights data for emission downscaling in order to achieve global 1×1 km spatial resolution emission fields. The use of nightlight data allows us to observe dynamic changes in emissions spatial distributions in a timely manner and incorporate these into the emission field. Since its establishment in 2009, ODIAC has been extensively used in global and regional flux inversions especially with CO_2 data collected by carbon observing satellites, such as the Japanese Greenhouse gas Observing SATellite (GOSAT) and NASA’s Orbiting Carbon Observatory 2 (OCO-2). ODIAC has been also successfully applied to studies for localized emissions point sources such as power plants and cities. In order to further improve the accuracy of the emission downscaling, we have examined NASA’s new Visible Infrared Imaging Spectrometer Suite (VIIRS) Nighttime Environmental Product. An accurate global emission disaggregation is one of the key elements of future Monitoring and Verification Support (MVS) scientific systems that consist of the carbon modeling and data assimilation. Our advanced satellite-based emission downscaling model holds the promise of playing a critical role in such future systems.

Keywords: CO2, fossil fuel CO2 emissions, Carbon cycle, Remote sensing, GOSAT, OCO-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グローバル二酸化炭素排出インベントリーの不確実性の低減に向けて
Towards Decreasing the Uncertainty in Global Carbon Dioxide Emission Inventory

*叢 日超[1]、齊藤 誠[1]、平田 竜一[1]、伊藤 昭彦[1]
*Richao Cong[1], Makoto Saito[1], Ryuichi Hirata[1], Akihiko Ito[1]

1. 国立環境研究所　地球環境研究センター
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies

　グローバル二酸化炭素排出インベントリーには大きな不確実性が含まれたと考えられる。それを低減するため、本研究では既存の信頼性の高い機構が公開した排出インベントリデータを上下四分位手法で補正してニュー排出マップを作り、その時空間の変動を国、地域、地球規模で分析した。まず、既存の主要な二酸化炭素の排出インベントリーを収集してその中に2000から2010年133ヵ国の排出量有する10データセットをピックアップした。これらの値が四分位の上下分位内に位置するものの平均値を取って補正値とした。時空間の変動の可視化分析するため、地理情報システム（GIS）を用いて排出量と該当する国の境界とリンクさせた。本研究による133ヵ国2010年の二酸化炭素排出量の合計値が31,595テラグラム、この値がIEAの公表値（30,434Tg, 化石燃料の使用のみ）より多くてCDIACの公表値（33,469Tg, 化石燃料の使用とセメント製造並びにガスフラーリング由来）より少なく、EDGARの公表値の94%を占めた。さらに、補正した排出量に世界銀行が公表した国ごとの2000年から2010年の人口、GDP、面積をリンクし、それらの指標に関する排出量のトレンド分析をした。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of MIROC4-ACTM reanalysis of GHGs concentrations using aircraft

*Jagat Bisht[1], Prabir Patra[1], Naveen Chandra[1], Sergey Gromov[2], Taku Umezawa[3], Andreas Zahn[4], cARL A. M. Brenninkmeijer[5]

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokohama, Japan, 2. Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany, 3. National Institute for Environmental Studies, Tsukuba, Japan, 4. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Meteorology and Climate Research, Karlsruhe, Germany, 5. Max Planck Institute for Chemistry, Air Chemistry Division, Mainz, Germany

Using the “Atmospheric Chemistry Transport Model” being part of the “Model for Interdisciplinary Research On Climate Earth System Model, version 4” (MIROC4-ACTM), simulations of several important greenhouse gases, such as CH_4, CO_2, SF_6, and N_2O, have been conducted using optimized emissions by inverse modelling of surface measurements for the period 1996-2016 (referred to as “reanalysis data”). Aircraft observations, conducted on board passenger aircraft (projects: CARIBIC and CONTRAIL) over diverse latitude and longitude regions offer independent constraints for evaluating the quality of reanalysis data. MIROC4-ACTM captures the variations in CO_2 and SF_6 observed by CARIBIC and CONTRAIL very well, with a correlation coefficient of above 0.96 and a slope of 0.92 at all atmospheric conditions. However, for CH_4 and N_2O the agreement was worse, with correlation coefficients (slopes) between CONTRAIL observations and model simulations of 0.80(0.49)-0.87(0.66) and 0.74(0.55)-0.77(0.75), respectively, at 0-140°E and poleward of 40°N. Further south, that is between 30° S-40°N latitude (for the Tokyo-Australia flights), the correlation coefficients (slopes) was 0.76(0.83)-0.88(0.89) and 0.92(0.87)-0.98(1.05), respectively. Similarly, the agreement with the CARIBIC observations was moderate for CH_4 and N_2O, with correlation coefficients (slopes) of 0.81(0.55) and 0.88(0.65), respectively.

Keywords: MIROC4-ACTM, CONTRAIL, CARIBIC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon flux estimation using NICAM-TM 4D-Var and GOSAT data towards GOSAT-2 Level 4 product

*佐伯 田鶴[1]、丹羽 洋介[1]、齊藤 誠[1]
*Tazu Saeki[1], Yosuke Niwa[1], Makoto Saito[1]

1. 国立研究開発法人 国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

Greenhouse gases (GHG) observations from satellites have contributed to expanding spatial coverage of observational networks for GHGs over the globe. Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) has been monitoring the column-averaged dry-air mole fractions of atmospheric carbon dioxide (XCO_2) and methane (XCH_4) from space since its launch in January 2009. Its successor GOSAT-2 was successfully launched on 29 October 2018, and the observational data are being processed at GOSAT-2 ground systems. The GOSAT-2 mission aims to continue and enhance spaceborne measurement of GHGs started by GOSAT, and to monitor the impacts of climate change and human activities on the carbon cycle. Both satellites are jointly developed and operated by Ministry of the Environment, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), and National Institute for Environmental Studies (NIES). NIES is responsible for producing and distributing higher level data products, such as Level 2 products (XCO_2 and XCH_4 etc.) and Level 4 products (surface fluxes of CO_2 and CH_4 and three-dimensional global distributions of CO_2 and CH_4 concentrations) (http://www.gosat-2.nies.go.jp).

We are currently developing an inversion system for operational use to produce GOSAT-2 L4 products. The Non-hydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (NICAM)-based Transport Model (NICAM-TM; Niwa et al., 2011) is used for simulating atmospheric CO_2 and CH_4 concentrations, and an inversion system based on the four-dimensional variational (4D-Var) method with NICAM-TM (NICAM-TM 4D-Var; Niwa et al., 2017a,b) is adopted to estimate global surface CO_2 and CH_4 fluxes. In this presentation, we will present test results of CO_2 flux estimation with NICAM-TM 4D-Var using GOSAT data (not GOSAT-2 data), ground-based data, prior fluxes, and their error covariances. NICAM-TM is operated with a horizontal resolution of glevel-5 (an average grid resolution of 223 km) and 40 vertical layers, and its meteorological fields are nudged with JRA-55 data to simulate real atmospheric transport. NICAM-TM 4D-Var is run with stored meteorological data, which successfully reduces computational cost. CO_2 surface fluxes have been estimated at every 223 km grid resolution and at monthly time resolution. Preliminary test results with single-year GOSAT data showed that flux differences between the prior fluxes and estimated fluxes from the GOSAT data inversion appear over a broad area of land regions, even over Siberia and South America where ground sites are sparse, while the ocean regions showed relatively fewer flux changes after the inversion. Our ongoing work includes inversions with multi-year data, the inclusion of other data, and tuning model parameters. The details will be presented at the meeting.

Acknowledgments. The model simulations are performed with the NIES supercomputer system and the Research Computation Facility for GOSAT-2 (RCF2). This research is partly supported by the Environment Research and Technology Development Fund (2-1701) of the Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan.

References

Niwa et al. (2011), Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 89(3), 255–268.
Niwa et al. (2017a), Geoscientific Model Development, 10(3), 1157–1174.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Niwa et al. (2017b), Geoscientific Model Development, 10(6), 2201–2219.

キーワード：Carbon budget、Flux estimations of greenhouse gases、Atmospheric inverse model、Top-down approach、Satellite remote sensing
Keywords: Carbon budget, Flux estimations of greenhouse gases, Atmospheric inverse model, Top-down approach, Satellite remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Attribution of the ambiguity in methane’s growth rate shifts during 1988-2016.

*Naveen Chandra[1], Prabir Patra[1]

1. Japan Agency for Marine Earth Science and Technology

Atmospheric (CH_4) is an important greenhouse gas for mitigating climate change in the decadal scale due to its shorter atmospheric lifetime and about 30 times higher warming potential than carbon dioxide. The remarkable shift in CH_4 growth rate (decrease since early 1990s, quasi-stationary state during 1999-2005 and resume increase after 2006) has observed in past three decades (1990s-2010s). However, the attribution of these fluctuations remained highly conflicting. We have used a global inverse modeling system for constraining CH_4 emissions from 53 land regions for the period 1988–2016 using measurements from 19 sites and forward simulation by MIROC4-ACTM. The ACTM realistically represent inter-hemispheric transport and stratospheric age of air, and methyl chloroform concentration decay (proxy for loss OH concentration level) which are key elements for modelling CH4 in atmosphere. A set of 2 inversions is performed for different combinations of a priori emissions due to the wetlands and rice cultivation. We have shown that slowing down of emissions from oil and gas industry in the 1980s and Mt. Pinatubo volcanic eruption in 1991 led to a stabilization in emissions and thus the quasi-stationary state of CH4 concentration. The CH_4 growth after 2006 is attributed to increases in emissions mainly from coal industry and ruminant farming. The climatic variation due to ENSO caused significant interannual variation in the CH_4 growth rate. The role of CH_4 loss by hydroxyl (OH) reaction in CH4 growth rate variability is proposed to be not significant from inter-site differences.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean uptake and land use change emissions suppressed atmospheric CO_2 growth in the 2015/16 El Niño

Ocean uptake and land use change emissions suppressed atmospheric CO_2 growth in the 2015/16 El Niño

*近藤 雅征[1]、Landschützer Peter [2]、Iida Yousuke [3]、Houghton Richard [4]、Sitch Stephen [5]
*Masayuki Kondo[1], Peter Landschützer[2], Yousuke Iida[3], Richard Houghton[4], Stephen Sitch[5]

1. 千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、2. Max Planck Institute for Meteorology、3. Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency、4. Woods Hole Research Center、5. University of Exeter
1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 2. Max Planck Institute for Meteorology, 3. Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency, 4. Woods Hole Research Center, 5. University of Exeter

Large variability in El Niño-Southern Oscillation (ENSO) induces anomalous CO_2 fluxes both in biosphere and hydrosphere. In the negative phase of ENSO (i.e., El Niño), dryer climate over lower latitudes decreases productivity of land vegetation and increases vulnerability to biomass burning. At the same time, suppressed upwelling of carbon-rich water near the Pacific South America reduces outgassing of oceanic CO_2 to atmosphere. In years of a strong El Niño, anomalous land and ocean CO_2 fluxes account for a large part of interannual variability of the total net CO_2 flux of the Earth surface. Thus, anomalously large atmospheric CO_2 growth rates co-occur with periods of El Niño events.

Biomass burning is believed to be the dominant component of variability in atmospheric CO_2 growth rate during El Niño. The 1997/98 El Niño induced the most significant anomalous CO_2 release on record, largely due to forest and peat fires in Southeast Asia. Likewise, a massive fire haze over Southeast Asia was found during the recent 2015/16 El Niño. Despite the seemingly large impact of biomass burning in the two events, the 2015/16 El Niño accompanied substantially less atmospheric CO_2 growth compared with that in the 1997/98 El Niño. It turns out that CO_2 emission from biomass burning in 2015 was substantially less than that in 1997 because precipitation before the peak of fire emission (Sept-Oct) shortened the drought length of 2015.

However, it is still arguable that the insignificant biomass burning is the dominate cause behind no obvious signs of large CO_2 release in the 2015/16 El Niño. In the recent decades, both biospheric and hydrospheric CO_2 fluxes has shown trends towards a net sink of CO_2, which suggest a possibility of that increasing CO_2 uptake has suppressed the atmospheric CO_2 growth in the 2015/16 El Niño. To evaluate this possibility, a synthesis of land-ocean CO_2 flux over the period of the two El Niño events is necessary. Here, we explore mechanisms behind differences in the atmospheric CO_2 growth in the 1997/98 and 2015/16 El Niño. The aim of this study is to fully characterize the causes for insignificant atmospheric CO_2 growth in 2015/16 through analyzing types (anomaly/trend) of relative contributions of land-ocean fluxes to atmospheric CO_2 growth between the two El Niño events. Through the analysis, we discuss about components that would likely continue to mitigate atmospheric CO_2 growth in future El Niño.

キーワード：Carbon Cycle、El Nino、Attribution analysis
Keywords: Carbon Cycle, El Nino, Attribution analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 301A 3F

[A-CG32] Global Carbon Cycle Observation and Analysis

コンビーナ:市井 和仁(千葉大学)、Patra Prabir(Research Institute for Global Change, JAMSTEC)、Forrest M. Hoffman(Oak Ridge National Laboratory)、Makoto Saito(National Institute of Environmental Studies)、座長:Prabir Patra

The landmark Paris Agreement under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) aims at reduction of greenhouse gases (GHGs) emission to keep the global warming below 2 degC. As per the agreement the nationally determined commitments (NDCs) and their progresses should be carefully monitored and verified by international bodies. The emission verification will be based on observation of the time evolution of greenhouse gases and model-based estimations of emissions from time to time.

In recent years, the number of observations and new techniques to monitor GHGs budget have been increasing. The improvements includes observational platforms for monitoring atmospheric GHGs, national or regional emission inventories, top-down models (e.g. atmospheric inverse models), and bottom-up models (e.g. process-based models). However, due to uncertainties in modeling and sparse observation network, high uncertainty exists in GHGs sources/sinks estimations at global and regional scales. These uncertainties lead to large variations in future projection of GHG budgets and climate changes.

The purpose of the session is to discuss state-of-the-art techniques for estimations of GHGs (e.g. CO2, CH4, N2O) budget at global and regional scales. The topic includes natural and anthropogenic processes, various methodologies (e.g. in-situ observation, aircraft monitoring, remote sensing, modeling), and various targets (e.g. atmosphere, terrestrial, and ocean), various spatial and temporal coverage (e.g. regional to global scales and past-present-future). Improved estimates of emissions from land use change, forest fires, and other anthropogenic sources (urban developments and thermal power station etc.) are also of interest. We also welcome discussions for designs and plans for future studies targeting city and country scale emission estimations using sophisticated modeling tools.

15:30 ~ 15:45

[ACG32-07] Observing vegetation seasonal dynamics in Japan with Himawari-8 hypertemporal data

*Tomoaki Miura[1,2]、Shin Nagai[2]、Kazuhito Ichii[3]、Hiroki Yoshioka[4] (1.University of Hawaii at Manoa、2.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology、3.Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University、4.Aichi Prefectural University)

15:45 ~ 16:00

[ACG32-08] Carbon and Water Fluxes at High spatial Resolutions through Down-Scaling

*Jiquan Chen[1]、Pietro Sciusco[1]、Ranjeet John[1]、Zutao Ouyang[1] (1.Michigan State University)

16:00 ~ 16:15

[ACG32-09] **Connecting Satellite Based Spectral Modelling Approach and Forest Inventory to Model Biomass and Carbon Stocks in Natural and Planted Forest over part of Semi-arid zone, India**

*SWATI UNIYAL[1]、Siti Raju Rao (1.Andhra University)

16:15 ~ 16:30

[ACG32-10] **Allocation of forest net primary production varies by forest age and air temperature**

*Xiang Song[1]、Xiaodong Zeng[1]、Dongxiao Tian[2] (1.IAP, CAS、2.Beijing Meteorological Information Center)

16:30 ~ 16:45

[ACG32-11] Analyzing Model Biases in Terrestrial Carbon Cycle Submodels in Earth System Models and Offline Models

*市井 和仁[1]、村上 和隆[2]、高山 宏明[3]、羽島 知洋[3]、立入 郁[3] (1.千葉大学、2.国立環境研究所、3.海洋研究開発機構)

16:45 ~ 17:00

[ACG32-12] Assessing terrestrial biogeochemical feedbacks in a strategically geoengineered climate

*Forrest M. Hoffman[1,2]、Cheng-En Yang[2,1]、Joshua S. Fu[2,1]、Simone Tilmes[3]、Lili Xia[4]、Douglas G. MacMartin[5]、Jadwiga H. Richter[3]、Michael Mills[3]、Ben Kravitz[6] (1.Oak Ridge National Laboratory、2.University of Tennessee、3.National Center for Atmospheric Research、4.Rutgers University、5.Cornell University、6.Pacific Northwest National Laboratory)

Observing vegetation seasonal dynamics in Japan with Himawari-8 hypertemporal data

*Tomoaki Miura[1,2], Shin Nagai[2], Kazuhito Ichii[3], Hiroki Yoshioka[4]

1. University of Hawaii at Manoa, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 4. Aichi Prefectural University

Spectral vegetation index (VI) time series data derived from moderate resolution, polar-orbiting satellite sensors, have been used to monitor and characterize the Earth’ s vegetative cover and its dynamics in regional to global scales. Unities of these VI time series data are, however, constrained by frequent cloud covers. That is, the derived VI products from these sensor data are at a weekly or bi-weekly temporal resolution due to the availability of cloud-free observations, resulting in relatively high uncertainties in their seasonal dynamics characterization. A new generation of geostationary satellite sensors equipped with spectral bands suitable for VIs, such as Himawari-8/9, have been launched during the last decade. As they are on geostationary orbit, they can image an Earth’ s hemisphere at 10-15 min intervals, potentially serving as another significant data source for the studies of vegetation dynamics.

In this study, we assessed the utilities of Himawari-8 “hypertemporal” NDVI data for characterizing seasonal dynamics of vegetation and land cover conditions. We compared Himawari NDVI temporal signatures to those derived from a new generation polar-orbiting satellite sensor, Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), at select sites in Japan. Our analysis showed that cloud-free observations were available for ~24 days during the 45-day green-up period with Himawari, but ~12 days with VIIRS. In other words, the number of days with cloud-free observations could double with Himawari data compared to VIIRS data. These results indicate the potential of Himawari data for providing higher temporal resolution NDVI time series data and, thus, improved monitoring and characterization of vegetation dynamics in Japan compared to the current polar-orbiting satellite data. One potential drawback would be the fixed view zenith and azimuth angles which might become problematic when one is interested in analyzing vegetation dynamics across space. Validation of Himawari-observed NDVI temporal profiles with ground observational NDVI and carbon flux data will be one required step.

Keywords: Himawari, geostationary satellite, vegetation phenology, land surface phenology, NDVI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon and Water Fluxes at High spatial Resolutions through Down-Scaling

*Jiquan Chen[1], Pietro Sciusco[1], Ranjeet John[1], Zutao Ouyang[1]

1. Michigan State University

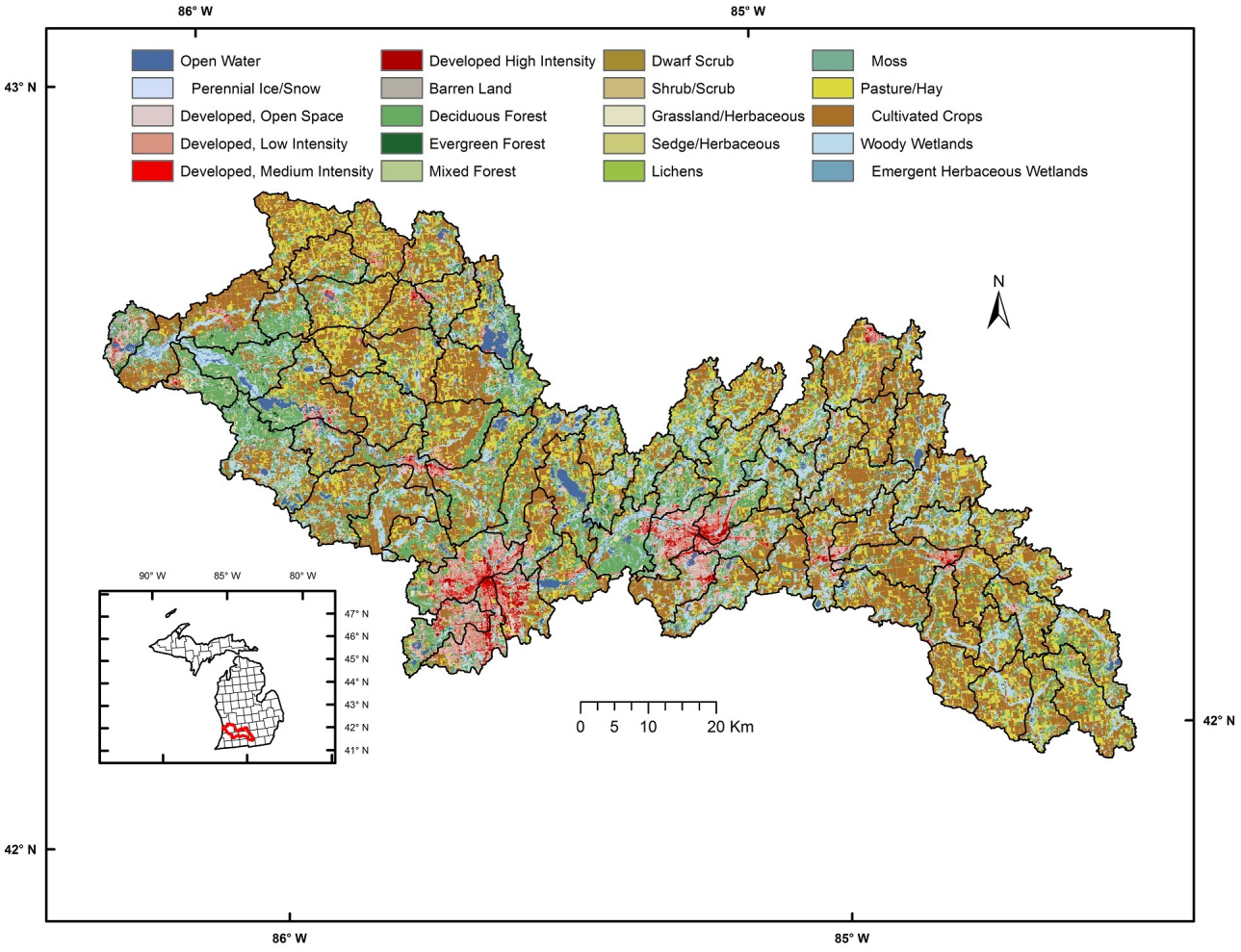
We propose an innovative top-down modeling approach to estimate high resolution (30 m) net primary production (NPP), evapotranspiration (ET) and *albedo* from MODIS products by integrating accurately classified land cover from Landsat/Sentinel and MODIS. Assuming that a measure of ecosystem ET in a landscape is a linear sum of ET of cover type (i), MODIS ET of a pixel can be expressed as:

$ET = sum(a_i * ET_i) + e$ [1]

where a_i is the compositional portion of cover type i within a MODIS pixel (where $sum(\alpha_i) = 1$) that can be calculated from classified land cover for the year; ET_i is the ET value of cover type i and can be estimated through multi-linear regression analysis with a zero intercept; and e is the residuals from the empirical model [1] and will be further examined for the potential influences of biophysical and socioeconomic driving forces. MODIS products of NPP, ET, and *albedo* of a landscape are estimated for their monthly and annual values by assuming that land cover during an individual year remains unchanged. This downscaling approach, currently tested for the Kalamazoo watershed in the southwestern Michigan, is only valid at a scale where similar climate, soil, and landforms exist (i.e. value of the same cover type in isolated patches are the same). To assure the validity of this approach, a multilinear regression analysis is performed with external factors such as soil type, climatic zone, and/or disturbance regime. Estimated ecosystem functions is then scaled up based on the 30 m resolution land cover of Landsat imagery for their high resolution spatiotemporal changes.

Keywords: carbon flux, down scaling, MODIS and Landsat

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Connecting Satellite Based Spectral Modelling Approach and Forest Inventory to Model Biomass and Carbon Stocks in Natural and Planted Forest over part of Semi-arid zone, India

*SWATI UNIYAL[1], Siti Raju Rao

1. Andhra University

Forests have been recognized as having important mitigation potential because of their critical role in the global carbon cycle and significant potential to capture and hold carbon. Biomass is an important parameter to assess the atmospheric carbon that is harvested by trees.

This study describes an effort to estimate regional level Above Ground Biomass (AGB) and carbon from plot to point from multi-season MODIS data for a part of semi-arid zone i.e. Madhya Pradesh state by establishing a correlation with field observed data. Using clustered sampling approach a total number of 1200 plots were laid on ground for natural forests and planted forests/tress. Stand biomass for each plot was computed from ground inventory using diameter, height, generalized species and interspecies allometric equations.

Spectral modelling was done with red, infra-red and NDVI of different seasons with observed AGB using statistical functions like linear, logarithmic, power and exponential. Various linear and multiple regression models were tested among all seasons and bands, and the best fit model from those was used for predicting biomass and carbon at regional level.

Red band and NDVI spectral reflectance combined with logarithmic function in multiple regression was found to be the best model (r^2=0.5784) for model Y= a +b1* ln (NDVI) + b2 *1/x*(Red) +b3 *sqrt (NDVI) for predicting biomass and Carbon. Predicted biomass value is in the range of 0-134.836t/ha, while total biomass of the area is 5950Tg. Similarly Predicted Carbon content is in the range of 0-64.04tC/ha and total carbon content in the range of 2690TgC.

Results were validated using 50 random points. The observed ABG of these 50 points validated with predicted AGB, a correlation R^2= 0.6003 was obtained indicating biomass and carbon obtained through spectral modelling has given good estimation at regional level.

Comparing biomass and carbon value for natural forest and plantation study explicitly noted that planted forest/trees sequester more carbon because results from a combination of site factors and adaptation of good silvicultural practices, while for natural forest wide variation in stand structure, tree growth, different stages of forest growth cycle, and varying tree density resulted in lower carbon content.

Keywords: Biomass, Spectral Modelling, Carbon Cycle, MODIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Allocation of forest net primary production varies by forest age and air temperature

*Xiang Song[1], Xiaodong Zeng[1], Dongxiao Tian[2]

1. IAP, CAS, 2. Beijing Meteorological Information Center

Carbon partition among plant parts has a vital influence not only on the growth of individual plants but also on decomposition, carbon and nitrogen sequestration, and plant-atmosphere water exchange. Although many studies have tried to reveal plant growth mechanisms using observational living biomass or the biomass ratio among different organs, knowledge and understanding about carbon partition is still scarce and exists much uncertainty. In this work, a dataset from the Chinese Ecosystem Research Network (CERN) was used to explore the dependences of net primary production (NPP) partition among foliage, stem and branch, and root on forest age, and mean annual temperature (MAT). The results found that (1) younger plants usually allocated a higher proportion of the NPP to stems, branches, and roots; (2) MAT was negatively correlated with the proportions of the NPP allocated to foliage (F_{leaf}; %) and roots (F_{root}; %), while proportions of the NPP allocated to stems and branches (F_{stbr}; %) were positively dependent on MAT; (3) forest age had a larger direct influence on F_{leaf} and F_{root}, while MAT was relatively important for F_{stbr}. This work not only is important for understanding the contribution of climatic factor and forest age on forest NPP partition, but also provides valuable ideas for developing ecological models.

Keywords: net primary production partition, forest age, climate, China’s forest

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analyzing Model Biases in Terrestrial Carbon Cycle Submodels in Earth System Models and Offline Models

*市井 和仁[1]、村上 和隆[2]、高山 宏明[3]、羽島 知洋[3]、立入 郁[3]
*Kazuhito Ichii[1], Kazutaka Murakami[2], Hiroaki Takayama[3], Tomohiro Hajima[3], Kaoru Tachiiri[3]

1. 千葉大学、2. 国立環境研究所、3. 海洋研究開発機構
1. Chiba University, 2. National Institute for Environmental Studies, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Improvement of terrestrial models in earth system models (ESMs) is important to reduce uncertainties in future projections of global carbon cycle and climate. Toward an improvement of ESMs, we need to evaluate current performance of terrestrial components in current ESMs and analyze their causes of biases. Therefore, using available observation based products (e.g. satellite-based products), offline ecosystem model outputs, and CMIP-5 ESM outputs, we attempted to characterize causes of biases of modeled terrestrial carbon flux and pools. We found that key climate variables, such as precipitation, is one of the causes of biases in ESM-based carbon fluxes. For example, positive precipitation biases in Africa and Oceania results in positive biases of gross primary productivity (GPP), biomass, and net biome productivity (NBP). Negative precipitation bias in tropical South America leads to negative GPP, biomass and NBP biases. Therefore, improvement of spatial patterns are one of the important next step toward ESM, in particular toward realistic simulations of sub-continental scale terrestrial variations.

キーワード：陸域炭素循環、リモートセンシング、モデル、データ駆動モデル推定
Keywords: Terrestrial Carbon Cycle, Remote Sensing, Model, Data-driven estimation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessing terrestrial biogeochemical feedbacks in a strategically geoengineered climate

*Forrest M. Hoffman[1,2], Cheng-En Yang[2,1], Joshua S. Fu[2,1], Simone Tilmes[3], Lili Xia[4], Douglas G. MacMartin[5], Jadwiga H. Richter[3], Michael Mills[3], Ben Kravitz[6]

1. Oak Ridge National Laboratory, 2. University of Tennessee, 3. National Center for Atmospheric Research, 4. Rutgers University, 5. Cornell University, 6. Pacific Northwest National Laboratory

Stratospheric geoengineering by injecting sulfur dioxide into the lower stratosphere has been suggested as a possible means of reducing anthropogenic warming. While the impacts of stratospheric aerosol geoengineering on climate change have been investigated in the past few decades, only a few studies have considered the terrestrial biogeochemical feedbacks resulting from such treatment. These feedbacks can alter the atmospheric carbon dioxide concentration by storing or releasing additional carbon in terrestrial and marine ecosystems, thus, changing the climate trajectory and aerosol injection strategy for geoengineering. In this study, we analyzed model output from the recent Stratospheric Aerosol Geoengineering Large Ensemble project to assess the changes in terrestrial biogeochemical feedbacks on climate, particularly the carbon sink strength (CSS), in response to stratospheric aerosol geoengineering. Our results showed that the terrestrial CSS increased globally by 5.2 Pg C during 2070–2089 compared to that during the first twenty years of geoengineering starting from 2020, *i.e.*, an additional 11 ppm CO_2 -equivalent amount of carbon in the atmosphere would be stored on land. Among seven latitude bands, the midlatitudes in the Northern Hemisphere (35˚N–60˚N) had the largest CSS increase (+8.0 Pg C) whereas the Tropics (23.5˚S–23.5˚N) released carbon back to the atmosphere (–2.9 Pg C). Hypotheses regarding the causes of the variations in the differences in regional responses will be presented.

Keywords: geoengineering, biogeochemistry-Earth system interactions, carbon sink strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 104 1F

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)、座長:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、名倉 元樹(海洋研究開発機構)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[ACG38-01] ENSOに伴う気候システム変動の諸相

★招待講演

*前田 修平[1] (1.気象庁気候情報課)

9:15 ~ 9:30

[ACG38-02] 熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター)

9:30 ~ 9:45

[ACG38-03] CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆

★招待講演

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1] (1.ハワイ大学マノア校大気科学科)

9:45 ~ 10:00

[ACG38-04] **Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies**

*Jun Ying[1] (1.Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources)

10:00 ~ 10:15

[ACG38-05] 大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響

*馬場 雄也[1] (1.海洋研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG38-06] Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.コロラド大学ボールダー校)

ENSOに伴う気候システム変動の諸相
Various aspects of climate system variability associated with ENSO

*前田 修平[1]
*Shuhei Maeda[1]

1. 気象庁気候情報課
1. Climate Prediction Division, Japan Meteorological Agency

ENSOは最も卓越する気候システムの年々変動であり、その変動パターンは、熱帯太平洋における大気・海洋偏差の東西シーソー、そのテレコネクションとしての中高緯度大気の変動、として理解されることが多い。しかし、それ以外にも、ENSOに伴って気候システムは大きく揺らぐ。例えば、①海洋表層水温の深さ方向の分布、②全球平均気温、③気候システムの熱エネルギー（大気上端における熱収支）、④大気の有効位置エネルギー、⑤大気の子午面循環（ハドレー循環、中高緯度直接循環）、⑥偏西風、⑦中高緯度の大気擾乱とそれによる熱・運動量輸送、⑦極渦、などである。講演では、これらENSOに伴う気候システムの様々な変動をレビューし、変動のメカニズムについて議論したい。

キーワード：ENSO、子午面循環、極渦
Keywords: ENSO, meridional circulation, polar vortex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋変動が北極気候に及ぼす影響とその季節性
Influence and mechanism of the tropical Pacific variability on the Arctic and its seasonality

*瀧川 翼[1]、小坂 優[1]、田口 文明[1]、Svendsen Lea[2]
*Tsubasa Takigawa[1], Yu Kosaka[1], Bunmei Taguchi[1], Lea Svendsen[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. ベルゲン大学ビヤークネス気候研究センター
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Bjerknes Centre for Climate Research, University of Bergen

近年、北極における気温は全球平均気温のおよそ2倍の速さで上昇しており、この現象は北極温暖化増幅(Arctic Amplification)として知られている。産業活動に伴う温室効果ガス増加が北極温暖化へ影響を及ぼしていることは先行研究からも明らかであるが、内部変動の影響については現在も様々な研究が行われている。Svenden et al. (2018)は、20世紀初期に観測された北極温暖化における主要因が太平洋十年規模変動であったことを、大気海洋結合ペースメーカー実験によって示した。しかし、太平洋の内部変動が北極温暖化にどの程度影響を及ぼすのか、さらにその遠隔影響の詳細なメカニズムは明らかになっていない。

本研究では、熱帯太平洋変動と北極気候の関係性を異なる時間スケールに着目して調査することを目的とし、大気海洋結合モデル(GFDL CM2.1)によるコントロール実験(外部強制力を産業革命以前に固定した実験)を用いた解析を行った。これにより、熱帯太平洋変動に対する高緯度地域地表面気温の応答は、経年変動よりも十年規模変動で大きくなることが明らかになった。また、北極気温偏差の応答は地表面でピークをとり高度に伴って減少することも発見された。さらに、熱帯太平洋十年規模変動に伴う海面水温偏差はそれ自体の季節性が非常に弱いにも関わらず、それに応答する北極気温と海氷は冬季にピークをもつ強い季節性が見られた。これらの特徴が放射強制力によって引き起こされる北極温暖化と類似していることから、熱帯太平洋変動によって駆動される局所的なフィードバック機構が北極気候変動において重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

キーワード：ENSO、太平洋十年規模変動、遠隔影響
Keywords: ENSO, Inter-decadal Pacific Oscillation, Teleconnection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CMIP5における亜表層非線形力学加熱とENSO非対称性：人為的熱帯温暖化の不確実性に対する示唆
Subsurface nonlinear dynamical heating and ENSO asymmetry in CMIP5: Implications for anthropogenic tropical-warming uncertainties

*林 未知也[1]、Fe-Fei Jin[1]
*Michiya Hayashi[1], Fei-Fei Jin[1]

1. ハワイ大学マノア校大気科学科
1. Department of Atmospheric Sciences, University of Hawaii at Manoa

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is a dominant interannual tropical variability, playing a key role in worldwide climate. Most climate models participating in CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project phase 5) can produce ENSO amplitude close to observations, but the asymmetry between its warm and cold phases is still poorly simulated in general. Here, using 25 CMIP5 historical simulations and multiple ocean reanalysis datasets, it is shown that the model-to-model diversity of ENSO asymmetry is mostly explained by the representation of nonlinear dynamical heating (NDH) in the subsurface ocean along the equatorial Pacific thermocline. The skewness of sea-surface temperature (SST) anomalies in the Niño-3 region linearly increases with respect to the variability of the subsurface NDH among the CMIP5 models (correlation of 0.8). The NDH variability in most CMIP5 models is under-simulated due to weak Equatorial Undercurrent variability.

Using a small subset of the models having the NDH variability greater than the CMIP5 average, the influence of ENSO amplitude change in CMIP5 anthropogenic warming scenarios is further assessed. The future change in ENSO amplitude still shows a large spread even within this subset. Nevertheless, the long-term change in climatological NDH mean follows the ENSO amplitude change, which is absent in the rest of the CMIP5 models having weak NDH variability. Hence, increasing the rectification effect of the subsurface NDH that deepens the mean-state thermocline to warm the SST can enhance the so-called "El Niño-like" global-warming pattern that exhibits the faster eastern-Pacific surface warming. In contrast, suppressing the subsurface rectification effect can cause a more "La Niña-like" warming pattern. These results suggest that properly simulating ENSO asymmetry and subsurface NDH in climate models is critical on projecting future climate.

キーワード：エルニーニョ・南方振動、人為的地球温暖化、CMIP5気候モデル
Keywords: El Niño-Southern Oscillation, anthropogenic global warming, CMIP5 climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

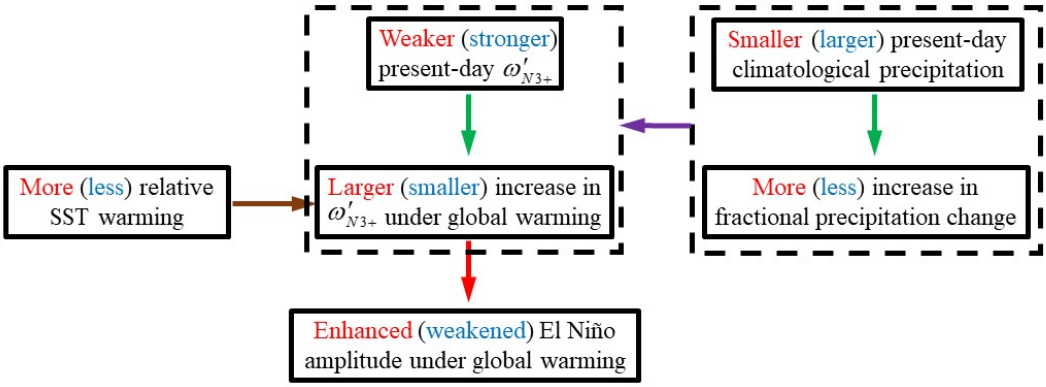
Uncertainty in the projections of ENSO amplitude change under global warming: Role of the response of atmospheric circulation to SST anomalies

*Jun Ying[1]

1. Second institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources

The study investigates the mechanism of the large inter-model uncertainty in the change of ENSO’s amplitude under global warming, based on 31 CMIP5 models. We find that the uncertainty in ENSO’s amplitude is significantly correlated to that of the change in the response of atmospheric circulation to SST anomalies (SSTAs) in the eastern equatorial Pacific Niño3 region. This effect of the atmospheric response to SSTAs mainly influences the uncertainty in ENSO’s amplitude during El Niño (EN) phases, but not during La Niña (LN) phases, showing pronounced nonlinearity. The effect of the relative SST warming and the present-day response of atmospheric circulation to SSTAs are the two major contributors to the inter-model spread of the change in the atmospheric response to SSTAs, of which the latter is more important. On the one hand, models with a stronger (weaker) mean-state SST warming in the eastern equatorial Pacific, relative to the tropical-mean warming, favor a larger (smaller) increase in the change in the response of atmospheric circulation to SSTAs in the eastern equatorial Pacific during EN. On the other hand, models with a weaker (stronger) present-day response of atmospheric circulation to SSTAs during EN tend to exhibit a larger (smaller) increase in the change under global warming. The result implies that an improved simulation of the present-day response of atmospheric circulation to SSTAs will be effective in lowering the uncertainty in ENSO’s amplitude change under global warming.

Keywords: ENSO amplitude , Global warming, Uncertainty, relative SST warming



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気変動がインド洋ダイポールモード現象に及ぼす影響
Impact of atmospheric variability on Indian Ocean Dipole mode

*馬場 雄也[1]
*Yuya Baba[1]

1. 海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

マッデン・ジュリアン振動など熱帯大気内部変動がインド洋ダイポールモード現象（IOD）に及ぼす影響を調べた既往研究は存在するが、数が少なく未知の部分が多い。本研究では海洋大循環モデルと異なる大気フォーシングデータを用いて、大気変動がIODの形成に及ぼす影響を調べた。大気の季節内振動に着目するため、日単位のフォーシングに加えて（１）気候値フォーシング、（２）気候値に年変動を加えたフォーシング、（３）気候値に季節変動を加えたフォーシング、（４）気候値に月変動値を加えたフォーシング、（５）９０日以上のローパスフィルターを用いたフォーシングと、海洋大循環モデルを用いて、1980-2009年の間のIODの再現・感度実験を行った。ダイポールモード・インデックス（DMI）を調べたところ、（１）は全くIODを再現せず、（２）（３）はピーク値が減衰したIODを再現し、（４）（５）は日単位のフォーシングと同程度のDMIを再現した。この発表では異なるフォーシングデータを用いて現れた、IODに関連する海洋側の変動、フォーシングに含まれる大気側の変動の相関を調べ、明らかにしたメカニズムについて報告する。

キーワード：インド洋ダイポールモード現象、大気内部変動
Keywords: Indian Ocean Dipole mode, atmospheric internal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

Do salinity anomalies matter for the evolution of the IOD? –Experimental assessments using a regional ocean model-

*木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]、Weiqing Han[2]
*Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1], Weiqing Han[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. コロラド大学ボールダー校
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Colorado Boulder

The Indian Ocean Dipole (IOD), which is a dominant climate mode in the tropical Indian Ocean, is accompanied by significant surface and subsurface salinity anomalies. These salinity anomalies alter density field and stratification in the upper ocean, and thereby have potentials to affect the evolution of the IOD itself. Though many previous studies have attempted to estimate the impacts of the IOD-related salinity anomalies, no comprehensive assessments have been conducted. To this end, a series of sensitivity experiments using a regional ocean model is conducted with a novel experimental strategy.

Results from these sensitivity experiments show that interannual salinity anomalies associated with the positive IOD tend to suppress the cooling in the eastern equatorial Indian Ocean by about 1.0˚C. Through an on-line heat budget analysis of each experiment, it is shown that weakening of the upwelling in the eastern Indian Ocean, which originates from the upward shift of the Equatorial Undercurrent, is the primary cause of the suppressed cooling there. These changes are induced by enhanced stratification in the eastern equatorial Indian Ocean associated with negative (positive) salinity anomalies near the surface (pycnocline). Momentum budget analysis and additional sensitivity experiments using a linear continuously stratified ocean model further support these ideas. Therefore, salinity plays an active role in the evolution of the IOD, rather than being passively influenced by atmospheric anomalies.

キーワード：インド洋ダイポールモード、塩分偏差、領域海洋モデル
Keywords: Indian Ocean Dipole, Salinity anomaly, Regional ocean model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 104 1F

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)、座長:東塚 知己(東京大学)、釜江 陽一(筑波大学)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[ACG38-07] 将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析

★招待講演

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3] (1.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2.北海道大学大学院理学院、3.ワシントン大学海洋研究科)

11:00 ~ 11:15

[ACG38-08] 温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2] (1.北海道大学大学院 環境科学院、2.北海道大学大学院 地球環境科学研究院)

11:15 ~ 11:30

[ACG38-09] Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

★Invited Papers

*植木 巌[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:30 ~ 11:45

[ACG38-10] **淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例**

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巌[1] (1.独立行政法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[ACG38-11] **Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia**

*Yahya Darmawan[1,2,3]、Huang-Hsiung Hsu[2] (1.Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica、2.Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica、3.Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG))

12:00 ~ 12:15

[ACG38-12] 海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1] (1.海洋研究開発機構)

将来の赤道湧昇変化のメカニズム：CMIP5モデル横断解析
Mechanisms of future changes in equatorial upwelling: CMIP5 inter-model analysis

*見延 庄士郎[1,2]、寺田 美緒[2]、Deutsch Deutsch[3]
*Shoshiro Minobe[1,2], Mio Terada[2], Curtis Deutsch[3]

1. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学分野、2. 北海道大学大学院理学院、3. ワシントン大学海洋研究科
1. Earth and Planetary Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. School of Oceanography, University of Washington

太平洋と大西洋における将来の湧昇変化を，第五次気候モデル相互比較プロジェクト(CMIP5)の24モデル出力を用いて調査を行った．使用したのは，過去再現実験(historical)と温暖化が最も急速に進展するRCP8.5シナリオ実験である．湧昇についてのCMIP5モデルの解析では初めて海洋の3次元の速度成分を推定して解析に用い，湧昇流速を密度面に直交する成分と密度面に平行な成分とに分離した．この湧昇流の成分分析と湧昇の変化についての複数モデル回帰分析を組み合わせることで，モデル間のばらつきとモデル平均が，共に二つのメカニズムで説明されることが示された．一つは表面付近の密度面に直交する湧昇流の弱化で，これはエクマン流の南北発散が弱まることによって生じる．他の一つは密度面に平行な湧昇流の弱化で，これは75-200mの赤道潜流のコア深度付近で生じ，その原因は赤道潜流の平坦化による．すなわち太平洋の西で深く東で浅い深度を東に流れる赤道潜流が，その西側での深度が浅くなって平坦化することで，湧昇が弱化するのである．両者のメカニズムとも，赤道東太平洋における貿易風の弱化によって引き起こされる．赤道大西洋では，モデル平均の湧昇流弱化もモデル間の湧昇流のばらつきも，貿易風の弱化および成層強化と関係するが，後者の二つの原因は赤道大西洋では独立ではないため，どちらが主な原因であるかを判断することは困難である．太平洋の湧昇流の変化が，異なる深度では異なるメカニズムによって生じることは，湧昇がもたらす影響を論じる上で重要である．大気に重要な海洋表面水温への湧昇の影響はエクマン湧昇の弱化が，より深い水深での湧昇が担う有光層への栄養分供給には赤道潜流の平坦化が，重要な役割を担うであろう．

キーワード：地球温暖化、モデル間の変動と平均、海洋力学
Keywords: global warming , variability and mean across multiple models , ocean dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

温暖化が進行する中での十年規模気候変動のインド洋-太平洋海盆間相互作用

The Indo-Pacific cross-basin interaction of the decadal climate variability under the progress of the global warming

*宮地 友麻[1]、谷本 陽一[2]
*Yuma Miyaji[1], Youichi Tanimoto[2]

1. 北海道大学大学院 環境科学院、2. 北海道大学大学院 地球環境科学研究院
1. Hokkaido University, Graduate School of Environmental Science, 2. Hokkaido University, Faculty of Environmental Earth Science

We investigate a relationship of the decadal sea surface temperature (SST) variability between over the Indian Ocean and over the tropical Pacific based on the observed data sets and the multi-model climate simulations. In the present study, by subtracting the multi-model ensemble mean rather than the observed linear trend, we attempt to retain the decadal signals without the effect of the radiative forcing, in the observed long-term records of the ocean and atmosphere.
While several observational studies indicated that the simultaneous correlation coefficient of the long-term SST variability over the two basins changed from positive before 1985 into negative after 1985, our analysis always shows the positive correlation regardless of the selected decades, indicating that the internal dynamics of the Indo-Pacific ocean-atmosphere system for this cross-basin interaction. While the decadal variations of the surface winds over the Indian Ocean are influenced by the SST variability over the tropical Pacific, the SST formation processes by those surface winds are different among the regions north and south of 10˚S, respectively. The effect of the climatological meridional gradient in the thermocline depth on the different formation processes is discussed.

キーワード：大気海洋相互作用、海盆間相互作用、十年規模変動
Keywords: Air-sea interaction, cross-basin interaction, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Air-sea flux observation by unmanned autonomous sea surface vehicle in the Tropics - Application of the Wave Glider -

*植木 巌[1]
*Iwao Ueki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Air-sea fluxes of heat and momentum are fundamental variables for the ocean and atmosphere interaction, which influence weather and climate. The air-sea flux measurements; actually measurements of air temperature, humidity, sea surface temperature, winds, and radiations, are mainly conducted by research vessels, mooring buoys, and satellites. Based on these measurements, many types of global air-sea flux products are produced. However, these products still remain large biases and uncertainties in the global fields. Reducing inaccuracies in air-sea fluxes is important for improving long-term weather and climate predictions. For that purpose, we should consider about intensification of *in situ* measurements, which contribute to improve bulk algorithms, to understand mechanisms of flux variability, and to validate the products as proposed in Community White Papers of air-sea fluxes with a focus on heat and momentum in OceanObs’19. Due to the relatively high cost of research vessel and mooring buoy operations, number of in situ measurements is limited. The sparsity of the *in situ* measurement in present situation is one of obstacles to improve satellite algorithm development and product validation. Because of recent progress of unmanned autonomous ocean surface vehicles (UAVs) development, we can use these vehicles as a platform for air-sea flux observation. In this study, several field tests and evaluations of the acquired data through comparison with mooring buoys have been conducted especially in the tropical region. The present status of these activities will be introduced in the presentation.

キーワード：大気-海洋フラックス、自律型海洋観測プラットフォーム、Wave Glider
Keywords: Air-sea flux, unmanned autonomous vehicle, Wave Glider

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

淡水フラックスと海洋表層成層との同時観測：YMCにおける観測事例
Radar-derived Fresh water flux and its possible impact to the oceanic stratification observed during the Years of the Maritime Continent (YMC)

*勝俣 昌己[1]、耿 驃[1]、横井 覚[1]、森 修一[1]、植木 巖[1]
*Masaki Katsumata[1], Biao Geng[1], Satoru Yokoi[1], Shuichi Mori[1], Iwao Ueki[1]

1. 独立行政法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

To investigate the air-land-sea interaction in the Maritime Continent (the world's largest archipelago bridging tropical Indian Ocean and tropical western Pacific), a series of the field campaign “YMC-Sumatra” was conducted as part of the project "Years of the Maritime Continent (YMC)". In “YMC-Sumatra 2017”, we deploy the research vessel "Mirai" at one station near the west coast of Sumatra Island to obtain time series.

The continuous dataset from C-band polarimetric radar is converted to the rainrate (i.e. fresh water flux) by utilizing the data from disdrometers and raingauges. The estimated fresh water flux is compared to the oceanic near-surface stratifications measured by the unmanned surface vehicle “wave glider”. The observed salinity at 0.2m and 6m depths differ under a precipitating event with weak wind (< 5 m/s). The event was followed by the strong wind (>10 m/s) precipitation. After the event, low salinity layer was captured down to 30~40 m depth for more than half days.

キーワード：淡水フラックス、海洋表層成層、YMC
Keywords: fresh water flux, oceanic near-surface stratification, YMC (Years of the Maritime Continent)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Driving Mechanism of Inter-Annual Precipitation Variability during Monsoon Season over the Northern Part of Sumatra Island, Indonesia

*Yahya Darmawan[1,2,3], Huang-Hsiung Hsu[2]

1. Taiwan International Graduation Program, Academia Sinica, 2. Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica, 3. Indonesian Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics (BMKG)

The precipitation variability of the Northern part of Sumatra Island in Indonesia has been driven by the complex tropical climate systems along with the local factors. The aim of this study is to investigate the driving mechanism of precipitation variability during the JJA-periods (June, July, and August) over the northern part of Sumatra. Moist Static Energy (MSE) budget analysis was used to model the source of energy which supports the precipitation anomalies. Composite analysis and statistical methods were used for confirming the result of MSE budget. By using 36 years of ERA-interim data, precipitation anomalies of JJA periods were classified into two categories, namely: wet years and dry years. Positive precipitation anomalies are found during the wet years which are supported by the upward motion of vertical velocity. During the wet years, the weaker easterly wind of Indian Summer Monsoon (ISM) associated with the westerly winds of a negative El Niño–Southern Oscillation (ENSO), a positive Indian Ocean Dipole (IOD), and a strong Western North Pacific Subtropical High (WNPSH). As a consequence, these anomalous circulations trigger a moisture flux convergence and positive precipitation anomaly. In the dry years, the downward of vertical velocity leads to negative precipitation anomaly. Generally, a stronger easterly wind of ISM was found during the dry years which is associated with a positive ENSO, a negative IOD, and a weak WNPSH. Even though the precipitation anomalies occur due to the collaboration of those winds, a new finding shows that WNSPH has a stronger impact to the precipitation anomalies than ENSO and IOD in the Northern part of Sumatra Island. In addition to those circulations, higher topography of the Barisan Mountains supports the ascending motion to moisten the lower troposphere and induces a positive precipitation anomaly in this maritime continent.

Keywords: Precipitation, MSE, ENSO, IOD, ISM, Sumatra Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海大陸における日変化降水の総観規模擾乱への影響とMJOとの関係
The impact of diurnal precipitation over the maritime continent on synoptic disturbances and its relation to the MJO

*清木 亜矢子[1]、横井 覚[1]、勝俣 昌己[1]、米山 邦夫[1]
*Ayako Seiki[1], Satoru Yokoi[1], Masaki Katsumata[1], Kunio Yoneyama[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海大陸で観測される多量の降水には日変化の寄与が大きいことが知られている。その降水量には季節変化がみられることや、日変化振幅がMJOの位相によって変調を受けることは指摘されているが、日変化降水がより大規模な擾乱へ与える影響については研究がなされていない。本研究では、衛星全球降水マップ(GSMaP)の時間平均降水量を用いて、インドネシアスマトラ島の沿岸降水に着目し、その日変化が総観規模擾乱へ与える影響とMJOとの関係について調査した結果を報告する。

スマトラ西岸における日変化降水は沖合へ伝播することが報告されているが、日変化振幅の強い日を抽出したコンポジット結果では、その伝播距離は平均して500kmを超えていた。また、日変化ピーク日にはスマトラ島西方の赤道南側に、擾乱の運動エネルギーや低気圧性渦度の増加が見られ、それらが極方向に伝播していく様子がみられた。このことから、日変化降水を熱源として、東部インド洋上に総観規模の渦擾乱が形成されることが示唆される。また、MJOの内部擾乱と区別するために、MJO対流がインド洋上にある時とそれ以外の時にグループ分けをして比較した結果、総観規模擾乱はどちらでも発達していたが、MJOがインド洋で観測されたグループでは全体的に擾乱は強く、その他のグループでは弱かった赤道北側の擾乱も強化され、極方向への伝播速度も速い傾向がみられた。

キーワード：日変化降水、海大陸、総観規模擾乱
Keywords: diurnal precipitation, the maritime continent, synoptic disturbances

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響
Impacts of seasonal transitions of ENSO on frequency of atmospheric rivers over East Asia

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1]
*Youichi Kamae[1], Moeka Naoi[2], Hiroaki Ueda[1]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

大気の川と呼ばれる中緯度の細い水蒸気輸送帯は、水循環や自然災害にとって重要な現象である。温帯低気圧とともに北米西岸や欧州に上陸した大気の川は大量の降水をもたらす。これまでの研究で、エルニーニョ・南方振動（ENSO）に対応した大規模な大気循環場の変調が、北米西岸の冬季の大気の川の活動にとって重要であることが指摘されている。近年、Kamae et al. (2017)は東アジアでも夏季を中心に大気の川が確認されることを指摘した。彼らはさらに、先行する冬季のエルニーニョが半年の時間差で夏季の大気の川の活動を強めることを示した。冬季にエルニーニョが発達すると、遅れて昇温したインド洋の影響により、夏季西部北太平洋上に高気圧性偏差が生じ、それに対応して東アジアの夏季の大気の川が増える。しかしながら、先行する冬季から夏季にかけて、ENSOの季節的な維持・遷移によって夏季東アジアにおける大気の川の活動が変わる様子は明らかにされていない。本研究では、冬のエルニーニョから夏のラニーニャへの急激な遷移のように、異なるENSOの遷移ケースごとに分けて合成解析することで、季節的なENSOと大気の川の関係に関する理解を進展させる。急激なENSOの遷移は、西部北太平洋の高気圧性偏差とそれによる東アジアの大気の川の活動の強まりをもたらす。ここで、高気圧性偏差は、エルニーニョが冬季から夏季にかけて持続するケース、夏季にかけて衰退するケースと比べて、北側にシフトしていた。このようなENSOの遷移が夏季東アジアにおける大気の川の活動に与える影響は、赤道太平洋上のウォーカー循環に対応した熱帯対流加熱分布の変調による夏季の遠隔影響の結果であると理解することができる。

キーワード：エルニーニョ南方振動、大気の川、北太平洋高気圧、インド洋キャパシタ効果
Keywords: ENSO, Atmospheric river, North Pacific High, Indian Ocean capacitor effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響
Impact of tropical Pacific sea surface temperature on the regional heavy rainfall events in Japan

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1]
*Yukiko Imada[1], Hiroaki Kawase[1], Masahiro Watanabe[2], Izuru Takayabu[1]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

To detect the impact of global-scale climate on regional extreme events is challenging especially for disastrous regional heavy rainfall events which are often strongly affected by local topography. Observed records are too short to obtain significant concurrent signals. General circulation models (GCMs) can represent background large-scale circulations causing regional heavy rainfall but cannot resolve the topography. On the other hand, high-resolution regional climate model can resolve orographic rainfall but cannot provide the information of key processes in larger-scale circulation. Here, we prepared a large-ensemble pair of GCM and nonhydrostatic regional model simulations covering 6800-year samples. It enables us to access local rainfall event directly and investigate cause-to-effect pathway to explain the impact of global scale climate. As an example, we cite 2-type heavy rainfall events around precipitous terrains in Japan: western Kyushu type and eastern Kyushu type. The western Kyushu type related to moisture transport is attributed to the development of the Pacific subtropical High which is often forced by an El Nino event during previous winter. On the other hand, the eastern Kyushu type is attributed to TC approach which correlates to the central Pacific El Ninos. Through this new flamework with large-ensemble pairs of global and regional simulations, we can verify various influence pathways of large-scale climate to specific regional extreme events.

キーワード：豪雨、大気大循環モデル、領域気候モデル
Keywords: Heavy rainfall, Atomospheric general circulation model, Regional climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム
The North Pacific pacemaker effect on historical ENSO and its mechanisms

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2]
*Yu Kosaka[1], Dillon J. Amaya[2], Wenyu Zhou[2], Yu Zhang[2], Shang-Ping Xie[2], Arthur J. Miller[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego

Recent studies have indicated that North Pacific sea surface temperature (SST) variability can significantly modulate the evolution of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), but there has been little effort to put these extratropical-tropical interactions into the context of historical ENSO events. To quantify the role of the North Pacific in pacing the timing and magnitude of observed ENSO events, we use a fully-coupled climate model to produce the first ensemble of North Pacific Ocean-Global Atmosphere (nPOGA) SST pacemaker simulations. In nPOGA, SST anomalies in the North Pacific (>15˚N) are restored back to observations, but are free to evolve throughout the rest of the globe. We find that North Pacific SST variability has significantly influenced the observed trajectory of historical ENSO, accounting for approximately 15% of the total variance in boreal fall and winter. The interaction between the North and tropical Pacific is the result of two physical pathways: 1. A Wind-Evaporation-SST propagating mechanism in boreal spring, and 2. A convective response associated with the Seasonal Footprinting Mechanism in boreal fall. The latter accounts for 25% of the observed zonal wind variability around the equatorial dateline. On an event-by-event basis, nPOGA most closely reproduces the 2014-2015 and the 2015-2016 El Niño events. In particular, we show that the 2015 Pacific Meridional Mode event increased wind forcing along the equator by 20%, potentially contributing to the extreme nature of the 2015-2016 El Niño. Our results illustrate the significant role of extratropical noise in pacing the initiation and magnitude of ENSO events and may improve the predictability of ENSO on seasonal timescales.

キーワード：太平洋南北モード、ENSO、ペースメーカー実験
Keywords: Pacific Meridional Mode, ENSO, Pacemaker experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤道付近におけるDry Intrusionの検出とDry IntrusionとMJOとの関係

Detection of the dry intrusions from the mid-latitudes to the Equator and their association with MJO

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1]
*Saki Yanagisawa[1], Akiyo Yatagai[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Hirosaki Univercity

非常に乾燥した空気塊が熱帯へと侵入する現象をDry intrusionといい、この現象は積雲対流活動に影響する。しかしながら、ラージスケールでのその現象の特徴は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、長期再解析データ（ERA-Interim）を用いて赤道付近におけるDry intrusionの検出を行い、その出現とMJOとの関係を明らかにすることを目的とする。

始めに、1988年から2016年のERA-Interimの可降水量を日平均して図化し、以下の条件に基づいて経度20˚毎に記録した。1) 10˚S-10˚Nの領域に侵入し、約2日から10日持続すること。2) 可降水量40 mm以下の部分で三日月型を形成すること。3) 可降水量30 mm以下の領域を含むこと。4) 全体が2000 km^2に収まること。

上記の10593日間で、Dry intrusionは全球で計1118回（年平均で40回）検出され、北半球（388回）より南半球（730回）で多く検出された。また，両半球共に今回検出されたDry intrusionの約9割がインド洋から赤道西太平洋にかけた領域で出現しており、夏半球で出現回数は少なく，冬半球の出現回数は多かった。上記の検出条件により、熱帯低気圧に伴って出現したDry intrusionがいくつか数えられ、全件数の8%に及んだ。

Dry intrusionの出現が多かったインド洋、海大陸、赤道西太平洋について、Dry intrusionが検出された日の700 hPaと850 hPaの東西風の場を合成した。結果として、インド洋と赤道西太平洋ではDry intrusionが発生する領域で強い西風が吹き、海大陸ではDry intrusionが発生した領域の西側で西風が強かった。このような西風の場はMJOの東進時にも発生し、西風バーストと呼ばれている。Dry intrusionが海大陸や赤道西太平洋で起きるとき、赤道西太平洋域で西風バーストが吹いていた。そのため、MJOによる対流活動と乾燥空気の侵入に関係があるかもしれないと考えられる。全期間を通して赤道西太平洋で起きたDry intrusionのうち同じ地域でMJOの対流活動が活発であったのは25.2%、また14.8%は同じ地域ではあったがMJOが活発ではなかった。残り60.0%はMJOが他の地域で活発、または不活発なときにDry intrusionがインド洋で起きていた。このパーセンテージをDry intrusionがインド洋と海大陸で起きた場合について同様に解析したところ、西太平洋で起きたDry intrusionの場合よりも低かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係
Relationship between oceanic and atmospheric variations in the Philippine Sea and modulation of El Nino events

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2]
*Takuya Hasegawa[1], Akira Nagano[2], Iwao Ueki[2], Kentaro Ando[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. JAMSTEC

El Nino理論の一つであるWestern Pacific Oscillator (WPO) モデルの特徴の一つに、エルニーニョ最盛期以後に西部熱帯太平洋（フィリピン海周辺海域）において高気圧偏差が卓越する点が挙げられる。この特徴に着目して、エルニーニョ発生後の冬季(1-3 月)に平均されたフィリピン海の高気圧偏差の時系列を作成した。その結果、eastern-Pacific(EP)-El Nino (1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98 年)では、 WPO モデルの特徴と一致して、海面気圧は強い正偏差を示す。一方、central-Pacific (CP)-El Nino (1994/95, 2002/03, 2004/05、2006/07、2009/10 年)では、高気圧偏差の値が弱い。次に、海面気圧と海上風の水平分布を調べるために、EP-El Nino 及び CP-El Nino の各イベント毎に、エルニーニョ発生後の冬季において海面気圧偏差と海上風偏差の平均図を作成した。その結果、EP-El Nino では先の結果と一致して、フィリピン海周辺において正の海面気圧偏差が出現し、それに対応する高気圧性の海上風循環場が見られた。この高気圧性循環場の南部(5N 付近)では、東風偏差となっており、赤道太平洋の暖水を減少さ せる極向きのエクマン輸送が導かれる。これは WPOモデルから期待されるように、現在のエルニーニョを終焉させ次のラニーニャを導く cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい状況であることを示唆する。さらに、海面高度 偏差の合成図解析を行った結果、EP-El Nino では cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい大きな負の海面高度偏差が西部赤道太平洋に分布していた。一方、CP-El Nino では、高気圧性偏差が非常に弱く、海上風は明瞭な高気 圧性の循環場を形成しておらず、西部赤道太平洋には大 きな負の海面高度偏差は見られない。これらの結果から、CP-El Nino では、WPOモデルの特徴が弱く、この WPOモデルが効果的に機能していないことが示唆される。

[謝辞] 本研究は、JSPS科研費・基盤研究(C)・17K05660の助成を受けたものです。

キーワード：エルニーニョ、フィリピン海、western Pacific Oscillator model
Keywords: El Nino, Philippine Sea, western Pacific Oscillator model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Nino/Nina

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]
*Hidehiro Kusunoki[1], Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ningaloo Nino (Nina) is a climate mode associated with anomalously warm (cool) sea surface temperature (SST) off the Western Australian coast. Considering its large impacts on the local marine ecosystem and precipitation, better understanding of its mechanism and predictability is desirable. Existing studies suggest that both local air-sea interaction and remote forcing contribute to generation and amplification of the Ningaloo Nino/Nina. The latter forcing includes the atmospheric teleconnection and oceanic wave propagation through the Indonesian archipelago, mainly associated with the El Nino/Southern Oscillation (ENSO). One of the important characteristics of Ningaloo Nino/Nina is its asymmetry; the Ningaloo Nino is stronger than the Ningaloo Nina. This suggests the presence of some asymmetry in these processes. However, no studies to date focused on this topic.

Using a regional ocean modeling system (ROMS), the contribution of oceanic wave propagation to the amplitude and asymmetry of SST anomalies associated with the Ningaloo Nino/Nina is investigated. For these purposes, a sensitivity experiment in which oceanic lateral boundary conditions are replaced by the monthly climatology is conducted. The results suggest that downwelling (upwelling) Kelvin waves from the western tropical Pacific associated with La Nina (El Nino) that often co-occur with Ningaloo Nino (Nina) are stronger (weaker) and contribute to the asymmetry.

キーワード：ニンガルー・ニーニョ現象、領域海洋モデル、エルニーニョ・南方振動、沿岸ケルビン波
Keywords: Ningaloo Nino, Regional ocean modeling system, El Nino/Southern Oscillation, coastal Kelvin wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

The life-cycle of annual waves in the Indian Ocean as identified by a seamless diagnosis for the energy flux

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2]
*Zimeng Li[1], Hidenori Aiki[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate school of environmental studies, Nagoya university, 2. Institute for space-earth environmental research, Nagoya university

総観規模の大気海洋波動によるエネルギー伝達経路を世界地図上に初めて同定することは気候学的にも地球流体力学的にも意義のある課題であるが、従来の診断スキームでは熱帯と中緯度を連続して取り扱うことができなかったために未解決であった。最近の理論研究により、すべての緯度帯についてシームレスな診断スキームが開発され、さらにこれは重力波と惑星波が混在する状況でも群速度ベクトルの分布を同定できるという利点がある。本研究では、この新しいスキームを用いて、インド洋海洋表層の季節波動のライフサイクルについての初めての解析を行った。まず第１、２、３傾圧各モードの浅水モデルに、月別気候値の風外力をそれぞれ与えて２０年間の積分を行った。各実験結果に対して、新しい診断スキームを１年平均フィルータに基づいて適用し、赤道ケルビン波による東向きのエネルギーフラックスの分布を解析したところ、特に第2傾圧モードについては熱帯インド洋の全経度にシグナルが現れるのに対して、第１傾圧モードでは海盆西側、第３傾圧モードでは海盆東側に分布していた。次に、３ヶ月移動平均に用いて新しい診断スキームを適用して、エネルギーフラックスのゆっくりとした時間変化を考察したところ、モンスーン風によって赤道東西流の向きが変わるときに、ケルビン波のシグナルが最高潮に達し、これが年に４回起きていることがわかった。最後に、赤道と中緯度をまたぐエネルギー循環について考察した。インド洋の東岸に入射した赤道ケルビン波のシグナルは、ベンガル湾とオーストラリアの海岸に沿って両極方向に分岐した後に中緯度ロスビー波を放射して、各半球で海盆規模の低気圧性のエネルギー循環を形成する。インド洋の西岸の近くでは、ソマリジェットと東アフリカ沿岸流それぞれの季節変動によって、アフリカ沿岸に沿って赤道向きのエネルギーフラックスを生じて、各半球で局所的な低気圧性エネルギー循環を形成することがわかった。本研究において初めて同定した季節波動による気候値的なエネルギー循環像は、将来的にインド洋ダイポールモードのような経年変動現象にともなう大気海洋波動の役割を考察するにあたり、熱帯中緯度相互作用をより深く理解するための基盤として位置づけられる。

キーワード：熱帯中緯度相互作用、季節変動解析、波動エネルギー循環
Keywords: tropical-extratropical interactions, seasonal variations analysis, wave energy circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響
Impacts of seasonal transitions of ENSO on frequency of atmospheric rivers over East Asia

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1]
*Youichi Kamae[1], Moeka Naoi[2], Hiroaki Ueda[1]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

大気の川と呼ばれる中緯度の細い水蒸気輸送帯は、水循環や自然災害にとって重要な現象である。温帯低気圧とともに北米西岸や欧州に上陸した大気の川は大量の降水をもたらす。これまでの研究で、エルニーニョ・南方振動（ENSO）に対応した大規模な大気循環場の変調が、北米西岸の冬季の大気の川の活動にとって重要であることが指摘されている。近年、Kamae et al. (2017)は東アジアでも夏季を中心に大気の川が確認されることを指摘した。彼らはさらに、先行する冬季のエルニーニョが半年の時間差で夏季の大気の川の活動を強めることを示した。冬季にエルニーニョが発達すると、遅れて昇温したインド洋の影響により、夏季西部北太平洋上に高気圧性偏差が生じ、それに対応して東アジアの夏季の大気の川が増える。しかしながら、先行する冬季から夏季にかけて、ENSOの季節的な維持・遷移によって夏季東アジアにおける大気の川の活動が変わる様子は明らかにされていない。本研究では、冬のエルニーニョから夏のラニーニャへの急激な遷移のように、異なるENSOの遷移ケースごとに分けて合成解析することで、季節的なENSOと大気の川の関係に関する理解を進展させる。急激なENSOの遷移は、西部北太平洋の高気圧性偏差とそれによる東アジアの大気の川の活動の強まりをもたらす。ここで、高気圧性偏差は、エルニーニョが冬季から夏季にかけて持続するケース、夏季にかけて衰退するケースと比べて、北側にシフトしていた。このようなENSOの遷移が夏季東アジアにおける大気の川の活動に与える影響は、赤道太平洋上のウォーカー循環に対応した熱帯対流加熱分布の変調による夏季の遠隔影響の結果であると理解することができる。

キーワード：エルニーニョ南方振動、大気の川、北太平洋高気圧、インド洋キャパシタ効果
Keywords: ENSO, Atmospheric river, North Pacific High, Indian Ocean capacitor effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響
Impact of tropical Pacific sea surface temperature on the regional heavy rainfall events in Japan

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1]
*Yukiko Imada[1], Hiroaki Kawase[1], Masahiro Watanabe[2], Izuru Takayabu[1]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

To detect the impact of global-scale climate on regional extreme events is challenging especially for disastrous regional heavy rainfall events which are often strongly affected by local topography. Observed records are too short to obtain significant concurrent signals. General circulation models (GCMs) can represent background large-scale circulations causing regional heavy rainfall but cannot resolve the topography. On the other hand, high-resolution regional climate model can resolve orographic rainfall but cannot provide the information of key processes in larger-scale circulation. Here, we prepared a large-ensemble pair of GCM and nonhydrostatic regional model simulations covering 6800-year samples. It enables us to access local rainfall event directly and investigate cause-to-effect pathway to explain the impact of global scale climate. As an example, we cite 2-type heavy rainfall events around precipitous terrains in Japan: western Kyushu type and eastern Kyushu type. The western Kyushu type related to moisture transport is attributed to the development of the Pacific subtropical High which is often forced by an El Nino event during previous winter. On the other hand, the eastern Kyushu type is attributed to TC approach which correlates to the central Pacific El Ninos. Through this new flamework with large-ensemble pairs of global and regional simulations, we can verify various influence pathways of large-scale climate to specific regional extreme events.

キーワード：豪雨、大気大循環モデル、領域気候モデル
Keywords: Heavy rainfall, Atomospheric general circulation model, Regional climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム
The North Pacific pacemaker effect on historical ENSO and its mechanisms

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2]
*Yu Kosaka[1], Dillon J. Amaya[2], Wenyu Zhou[2], Yu Zhang[2], Shang-Ping Xie[2], Arthur J. Miller[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego

Recent studies have indicated that North Pacific sea surface temperature (SST) variability can significantly modulate the evolution of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), but there has been little effort to put these extratropical-tropical interactions into the context of historical ENSO events. To quantify the role of the North Pacific in pacing the timing and magnitude of observed ENSO events, we use a fully-coupled climate model to produce the first ensemble of North Pacific Ocean-Global Atmosphere (nPOGA) SST pacemaker simulations. In nPOGA, SST anomalies in the North Pacific (>15˚N) are restored back to observations, but are free to evolve throughout the rest of the globe. We find that North Pacific SST variability has significantly influenced the observed trajectory of historical ENSO, accounting for approximately 15% of the total variance in boreal fall and winter. The interaction between the North and tropical Pacific is the result of two physical pathways: 1. A Wind-Evaporation-SST propagating mechanism in boreal spring, and 2. A convective response associated with the Seasonal Footprinting Mechanism in boreal fall. The latter accounts for 25% of the observed zonal wind variability around the equatorial dateline. On an event-by-event basis, nPOGA most closely reproduces the 2014-2015 and the 2015-2016 El Niño events. In particular, we show that the 2015 Pacific Meridional Mode event increased wind forcing along the equator by 20%, potentially contributing to the extreme nature of the 2015-2016 El Niño. Our results illustrate the significant role of extratropical noise in pacing the initiation and magnitude of ENSO events and may improve the predictability of ENSO on seasonal timescales.

キーワード：太平洋南北モード、ENSO、ペースメーカー実験
Keywords: Pacific Meridional Mode, ENSO, Pacemaker experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤道付近におけるDry Intrusionの検出とDry IntrusionとMJOとの関係

Detection of the dry intrusions from the mid-latitudes to the Equator and their association with MJO

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1]
*Saki Yanagisawa[1], Akiyo Yatagai[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Hirosaki Univercity

非常に乾燥した空気塊が熱帯へと侵入する現象をDry intrusionといい、この現象は積雲対流活動に影響する。しかしながら、ラージスケールでのその現象の特徴は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、長期再解析データ（ERA-Interim）を用いて赤道付近におけるDry intrusionの検出を行い、その出現とMJOとの関係を明らかにすることを目的とする。

始めに、1988年から2016年のERA-Interimの可降水量を日平均して図化し、以下の条件に基づいて経度20˚毎に記録した。1) 10˚S-10˚Nの領域に侵入し、約2日から10日持続すること。2) 可降水量40 mm以下の部分で三日月型を形成すること。3) 可降水量30 mm以下の領域を含むこと。4) 全体が2000 km^2に収まること。

上記の10593日間で、Dry intrusionは全球で計1118回（年平均で40回）検出され、北半球（388回）より南半球（730回）で多く検出された。また，両半球共に今回検出されたDry intrusionの約9割がインド洋から赤道西太平洋にかけた領域で出現しており、夏半球で出現回数は少なく，冬半球の出現回数は多かった。上記の検出条件により、熱帯低気圧に伴って出現したDry intrusionがいくつか数えられ、全件数の8%に及んだ。

Dry intrusionの出現が多かったインド洋、海大陸、赤道西太平洋について、Dry intrusionが検出された日の700 hPaと850 hPaの東西風の場を合成した。結果として、インド洋と赤道西太平洋ではDry intrusionが発生する領域で強い西風が吹き、海大陸ではDry intrusionが発生した領域の西側で西風が強かった。このような西風の場はMJOの東進時にも発生し、西風バーストと呼ばれている。Dry intrusionが海大陸や赤道西太平洋で起きるとき、赤道西太平洋域で西風バーストが吹いていた。そのため、MJOによる対流活動と乾燥空気の侵入に関係があるかもしれないと考えられる。全期間を通して赤道西太平洋で起きたDry intrusionのうち同じ地域でMJOの対流活動が活発であったのは25.2%、また14.8%は同じ地域ではあったがMJOが活発ではなかった。残り60.0%はMJOが他の地域で活発、または不活発なときにDry intrusionがインド洋で起きていた。このパーセンテージをDry intrusionがインド洋と海大陸で起きた場合について同様に解析したところ、西太平洋で起きたDry intrusionの場合よりも低かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係
Relationship between oceanic and atmospheric variations in the Philippine Sea and modulation of El Nino events

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2]
*Takuya Hasegawa[1], Akira Nagano[2], Iwao Ueki[2], Kentaro Ando[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. JAMSTEC

El Nino理論の一つであるWestern Pacific Oscillator (WPO) モデルの特徴の一つに、エルニーニョ最盛期以後に西部熱帯太平洋（フィリピン海周辺海域）において高気圧偏差が卓越する点が挙げられる。この特徴に着目して、エルニーニョ発生後の冬季(1-3 月)に平均されたフィリピン海の高気圧偏差の時系列を作成した。その結果、eastern-Pacific(EP)-El Nino (1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98 年)では、 WPO モデルの特徴と一致して、海面気圧は強い正偏差を示す。一方、central-Pacific (CP)-El Nino (1994/95, 2002/03, 2004/05、2006/07、2009/10 年)では、高気圧偏差の値が弱い。次に、海面気圧と海上風の水平分布を調べるために、EP-El Nino 及び CP-El Nino の各イベント毎に、エルニーニョ発生後の冬季において海面気圧偏差と海上風偏差の平均図を作成した。その結果、EP-El Nino では先の結果と一致して、フィリピン海周辺において正の海面気圧偏差が出現し、それに対応する高気圧性の海上風循環場が見られた。この高気圧性循環場の南部(5N 付近)では、東風偏差となっており、赤道太平洋の暖水を減少さ せる極向きのエクマン輸送が導かれる。これは WPOモデルから期待されるように、現在のエルニーニョを終焉させ次のラニーニャを導く cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい状況であることを示唆する。さらに、海面高度 偏差の合成図解析を行った結果、EP-El Nino では cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい大きな負の海面高度偏差が西部赤道太平洋に分布していた。一方、CP-El Nino では、高気圧性偏差が非常に弱く、海上風は明瞭な高気 圧性の循環場を形成しておらず、西部赤道太平洋には大 きな負の海面高度偏差は見られない。これらの結果から、CP-El Nino では、WPOモデルの特徴が弱く、この WPOモデルが効果的に機能していないことが示唆される。

[謝辞] 本研究は、JSPS科研費・基盤研究(C)・17K05660の助成を受けたものです。

キーワード：エルニーニョ、フィリピン海、western Pacific Oscillator model
Keywords: El Nino, Philippine Sea, western Pacific Oscillator model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Nino/Nina

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]
*Hidehiro Kusunoki[1], Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ningaloo Nino (Nina) is a climate mode associated with anomalously warm (cool) sea surface temperature (SST) off the Western Australian coast. Considering its large impacts on the local marine ecosystem and precipitation, better understanding of its mechanism and predictability is desirable. Existing studies suggest that both local air-sea interaction and remote forcing contribute to generation and amplification of the Ningaloo Nino/Nina. The latter forcing includes the atmospheric teleconnection and oceanic wave propagation through the Indonesian archipelago, mainly associated with the El Nino/Southern Oscillation (ENSO). One of the important characteristics of Ningaloo Nino/Nina is its asymmetry; the Ningaloo Nino is stronger than the Ningaloo Nina. This suggests the presence of some asymmetry in these processes. However, no studies to date focused on this topic.

Using a regional ocean modeling system (ROMS), the contribution of oceanic wave propagation to the amplitude and asymmetry of SST anomalies associated with the Ningaloo Nino/Nina is investigated. For these purposes, a sensitivity experiment in which oceanic lateral boundary conditions are replaced by the monthly climatology is conducted. The results suggest that downwelling (upwelling) Kelvin waves from the western tropical Pacific associated with La Nina (El Nino) that often co-occur with Ningaloo Nino (Nina) are stronger (weaker) and contribute to the asymmetry.

キーワード：ニンガルー・ニーニョ現象、領域海洋モデル、エルニーニョ・南方振動、沿岸ケルビン波
Keywords: Ningaloo Nino, Regional ocean modeling system, El Nino/Southern Oscillation, coastal Kelvin wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

The life-cycle of annual waves in the Indian Ocean as identified by a seamless diagnosis for the energy flux

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2]
*Zimeng Li[1], Hidenori Aiki[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate school of environmental studies, Nagoya university, 2. Institute for space-earth environmental research, Nagoya university

総観規模の大気海洋波動によるエネルギー伝達経路を世界地図上に初めて同定することは気候学的にも地球流体力学的にも意義のある課題であるが、従来の診断スキームでは熱帯と中緯度を連続して取り扱うことができなかったために未解決であった。最近の理論研究により、すべての緯度帯についてシームレスな診断スキームが開発され、さらにこれは重力波と惑星波が混在する状況でも群速度ベクトルの分布を同定できるという利点がある。本研究では、この新しいスキームを用いて、インド洋海洋表層の季節波動のライフサイクルについての初めての解析を行った。まず第１、２、３傾圧各モードの浅水モデルに、月別気候値の風外力をそれぞれ与えて２０年間の積分を行った。各実験結果に対して、新しい診断スキームを１年平均フィルータに基づいて適用し、赤道ケルビン波による東向きのエネルギーフラックスの分布を解析したところ、特に第2傾圧モードについては熱帯インド洋の全経度にシグナルが現れるのに対して、第１傾圧モードでは海盆西側、第３傾圧モードでは海盆東側に分布していた。次に、３ヶ月移動平均に用いて新しい診断スキームを適用して、エネルギーフラックスのゆっくりとした時間変化を考察したところ、モンスーン風によって赤道東西流の向きが変わるときに、ケルビン波のシグナルが最高潮に達し、これが年に４回起きていることがわかった。最後に、赤道と中緯度をまたぐエネルギー循環について考察した。インド洋の東岸に入射した赤道ケルビン波のシグナルは、ベンガル湾とオーストラリアの海岸に沿って両極方向に分岐した後に中緯度ロスビー波を放射して、各半球で海盆規模の低気圧性のエネルギー循環を形成する。インド洋の西岸の近くでは、ソマリジェットと東アフリカ沿岸流それぞれの季節変動によって、アフリカ沿岸に沿って赤道向きのエネルギーフラックスを生じて、各半球で局所的な低気圧性エネルギー循環を形成することがわかった。本研究において初めて同定した季節波動による気候値的なエネルギー循環像は、将来的にインド洋ダイポールモードのような経年変動現象にともなう大気海洋波動の役割を考察するにあたり、熱帯中緯度相互作用をより深く理解するための基盤として位置づけられる。

キーワード：熱帯中緯度相互作用、季節変動解析、波動エネルギー循環
Keywords: tropical-extratropical interactions, seasonal variations analysis, wave energy circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)、座長:加藤 知道(北海道大学)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

9:00 ~ 9:15

[ACG39-01] 温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[ACG39-02] 熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.国立環境研究所地域環境研究センター、3.サラワク州熱帯泥炭研究所)

9:30 ~ 9:45

[ACG39-03] 東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1] (1.国立環境研究所)

9:45 ~ 10:00

[ACG39-04] 個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2] (1.北海道大学　低温科学研究所、2.龍谷大学　理工学部)

10:00 ~ 10:15

[ACG39-05] 熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2] (1.北海道大学大学院農学研究院、2.サラワク州熱帯泥炭研究所、3.国立環境研究所地球環境研究センター)

10:15 ~ 10:30

[ACG39-06] The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3] (1.国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2.アラスカ大学フェアバンクス校国際北極圏研究センター、3.ローレンスバークレー国立研究所)

温度上昇と水分変動増大が火山灰土壌のCO_2放出におよぼす複合的影響の培養実験による検証

Laboratory examination of combined effects of temperature rising and increased water fluctuation on CO_2 release from volcanic ash soils

*永野 博彦[1]、安藤 麻里子[1]、小嵐 淳[1]
*Hirohiko Nagano[1], Mariko Atarashi-Andoh[1], Jun Koarashi[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

Global warming will alter the precipitation pattern, resulting in the increase in seasonal fluctuation of soil water conditions. Both environmental factors of soil temperature and water fundamentally affect soil CO_2 release, a major carbon flux in terrestrial ecosystems. However, our understandings of soil CO_2 release under the increased temperature and fluctuated water conditions are still insufficient to infer the feedback of terrestrial carbon cycling in future worlds. In the present study, we are conducting laboratory incubation experiments for examining the combined effects of temperature rising and soil water fluctuation on CO_2 release from volcanic ash soils. Volcanic ash soil is the major soil type in Japan and is expected to have great ability to stabilize carbon as soil organic matter. We incubated volcanic ash soils under four combinatorial conditions of two temperatures (20 and 30 ˚C) and two water conditions (a continuously constant water and a fluctuated water conditions). The rate of CO_2 release was periodically measured during the incubation. Then, the ratio of CO_2 release at 20 ˚C to that at 30 ˚C, namely Q_{10}, was expressed as the temperature sensitivity of soil CO_2 release. The fluctuated water condition was maintained with multiple dry-wet cycles to achieve an average water content of 40% of water holding capacity which was equivalent to that under the continuously constant water condition. For the incubation at 20 ˚C, soil CO_2 release under the fluctuated water condition was up to 50% greater than that under the constant water condition. The excess of soil CO_2 release under the fluctuated water condition was, however, reduced to less than 10% for the incubation at 30 ˚C. Thus, Q_{10} under the fluctuated water condition (1.3 to 1.5) was equivalent to or lower than that under the continuously constant water condition (around 1.5). These preliminary results offer the needs of modifying basal CO_2 release extent and Q_{10} value for inferring the soil CO_2 release under increased temperature and fluctuated water conditions. The experiments are still ongoing and results and further insights will be presented at the meeting.

キーワード：温室効果ガス、土壌炭素動態、地球温暖化
Keywords: greenhouse gas, soil carbon dynamics, global warming

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯泥炭地のオイルパームプランテーションの廃液処理ため池における温暖化ガス発生量の現地観測
Field observation of GHGs emission from pome palm oil mill effluent (POME) treatment ponds in an oil palm plantation in tropical peatland.

*高橋 善幸[1]、小野寺 崇[2]、平田 竜一[1]、仁科 一哉[2]、Joseph Waili[3]、Kevin Musin[3]、Edward Aeries[3]、Frankie Kiew[3]、Guan Wong[3]、Zufaqar Sa'adi[3]、Lulie Melling[3]
*Yoshiyuki Takahashi[1], Takashi Onodera[2], Ryuichi Hirata[1], Kazuya Nishina[2], Joseph Wenceslaus Waili[3], Kevin Kemudang Musin[3], Edward Baran Aeries[3], Frankie Kiew[3], Guan Xhuan Wong[3], Zufaqar Sa'adi[3], Lulie Melling[3]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 国立環境研究所地域環境研究センター、3. サラワク州熱帯泥炭研究所
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Center for Regional Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 3. Sarawak Tropical Peat Research Institute

１．はじめに

熱帯アジアは世界的に見て、著しい土地利用変化が進行している地帯であり、温暖化ガス収支の大きな変化がおこっていると考えられる。この地域の代表的な土地利用変化として熱帯泥炭林のオイルパームプランテーションへの転用がある。この土地利用変化が温暖化ガス収支に与える影響を評価するためには、泥炭林の伐採、排水による土壌有機炭素の好気的分解の促進、窒素施肥による亜酸化窒素の放出、搾油プラントの廃液処理からのメタン発生などさまざまな要素を定量的に把握する必要がある。オイルパームプランテーションにおいて、果実に含まれる酵素により収穫直後から油脂の分解による劣化が進むため、収穫後24時間以内に処理できるように圃場に隣接して搾油施設が設置される。こうして圃場と搾油処理施設全体として連続的・定常的な物質循環システムが形成されている。搾油施設においては廃液処理において大量のメタンが発生しているが、この発生量についての実測値は非常に少ない。今回は、オイルパームプランテーションの搾油施設の廃液処理から発生する温暖化ガスの定量的把握を目的として、マレーシア・サラワク州において現地調査を行った。

２．方法

マレーシア・サラワク州シブ郊外のオイルパームプランテーション内にある搾油施設の廃液処理用開放型ため池から発生する温暖化ガス等の定量化を目的として、多点同時サンプリングを可能とする低コストで自動制御可能なフローティングチャンバーを開発した。このチャンバーで採取されたバイオガスは、現場で水上置換法を応用して体積を量り、主要なガス組成をポータブルガスモニタ（Geotech社BIOGAS5000）により測定した。チャンバーの被覆面積、サンプリング時間、採取されたガスの体積とガス組成から各ガスのフラックスを計算した。サンプリングは乾期である2018年の6月と雨期である2019年1月に10段階あるため池のうち上流側の8つのため池で実施した。

３．結果と考察

ため池から発生するバイオガスの主成分はCH_4とCO_2である。ガスの発生量は2回の観測期間のいずれにおいても4段階目のため池が卓越していた。これはこのため池のpHが中性付近であるなどメタン菌の活動に好適条件にあったことが主な原因と考えられる。酸の生成によりｐＨが低く酸性となっている上流から3段階目までのため池においては、CH_4の含有量が20-40%となっており、これに比べて高い濃度のCO_2が含まれていた。一方で5段階目以降のため池においては、今回のサンプリング時ではバイオガスの発生量自体が非常に少なかった。

４．まとめ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタン醗酵による有機炭素除去を目的として作られた多段階からなるため池においては、段階毎にpH、温度、含有有機炭素量、妨害成分が異なり、内部で生じている生物化学的なプロセスも大きく異なると考えられる。オイルパームプランテーションは圃場と処理施設を含めた定常的・連続的な物質循環システムを形成しており、その土地利用変化と温暖化ガス収支を考える上では、生態系からのガス収支を把握するだけでは不十分である。オイルパームプランテーションでの温暖化ガス収支を総合的に理解するために、ため池毎のバイオガス発生量とガス組成の観測と同時にpHやCODなど関連する環境要素を測定しており、同時にプランテーションのシステム全体の物質フローについての把握するためのインタビューをすすめている。

今回の発表では雨期（2019年1月）に行われた調査の結果についても紹介する予定である。

キーワード：気候変動、土地利用変化、熱帯アジア、熱帯泥炭、温暖化ガス
Keywords: Climate change, Land-use change, Tropical Asia, Tropical peat, Greenhouse gases

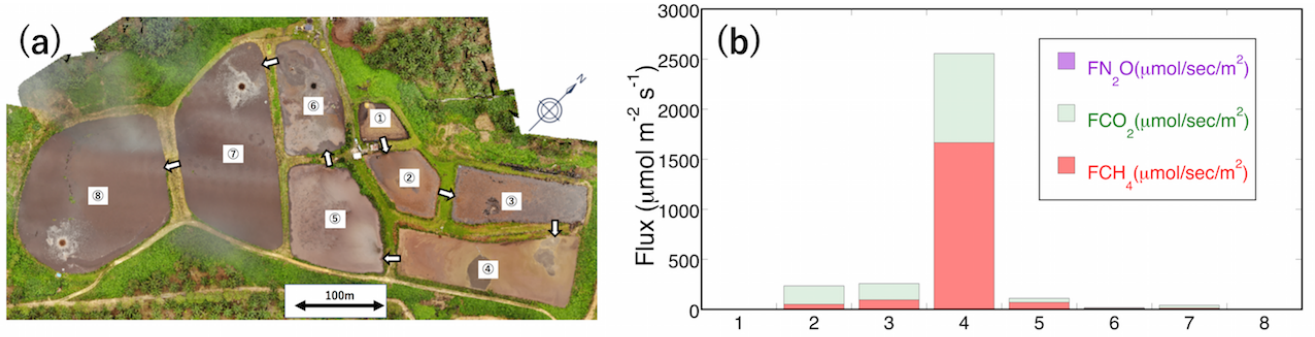


Figure. (a) Location of ponds and (b)GHGs flux from the ponds.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南アジア熱帯地域の土壌利用変化に対する土壌呼吸の長期変動
Soil CO_2 efflux dynamics with land-use changes in Southeast Asia

*冨松 元[1]、LIANG NAISHEN[1]、TERAMOTO MUNEMASA[1]、ZENG JIYE[1]、XIN ZHAO[1]
*HAJIME TOMIMATSU[1], NAISHEN LIANG[1], MUNEMASA TERAMOTO[1], JIYE ZENG[1], ZHAO XIN[1]

1. 国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

Land use changes greatly affect carbon cycle of forest ecosystem. Since the 1970s, about 35% of tropical primary forests were lost due to disorderly commercial logging, plantation development such as oil palm and rubber in Southeast Asia. These rapid land use changes cause serious environmental problems such as soil erosion, decrease in soil fertility, and decrease in productivity. As a result, there will be a major change in the regional biochemical cycles.

Soil is an important source of information on the global carbon budget and it is a carbon sink, and soil respiration (R_s) is one of the most important elements of the carbon cycle in terrestrial ecosystems. Land use changes influence the dynamics of R_s. However, most studies on the effects of land use change on R_s focused on the boreal, temperate and subtropical ecosystems. In Southeast Asia, we have addressed the response of R_s to the land use changes, but mostly it is a short period with little spatial or temporal repetition, especially there are few long-term observations in lowland rainforests with no seasonal changes in temperature.

To examine the long-term response of R_s to land use change in Southeast Asia, we selected 4 research sites of different land use type, primary forest (PF), secondary forest (SF), oil palm plantation (OP), and rubber plantation (RP). In 2010, we installed total 30 soil collars (diameter 32 cm) in each site. The 30 collars were distributed in two rows, each with 15 collars and at 5 m intervals. R_s was measured every two weeks using a portable automatic opening and closing chamber system developed by the National Institute for Environmental Studies.

R_s showed synchronicity seasonal change among all sites, suggesting that it is controlled by both soil temperature and moisture. The apparent temperature sensitivity of R_s (Q_{10}) decreased from 4.86 in NF to 2.09 in SF, 2.14 in OP, 3.79 in GP. In addition, the annual average soil respiration rate decreased about 38% in SF, about 33% in OP and about 40% in GP compared with NF. Our results indicate that logging and/or conversions of primary forests to plantations lead severe soil degradation.

キーワード：土地利用変化、プランテーション、土壌呼吸
Keywords: Land use change, Plantation, Soil respiration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

個体ベースの解析による常緑針葉樹林のLAIの年変動と過去の気象の残存効果

Individual-based analyses of the carry-over effects from recent climatic conditions on the interannual variability of LAI of an evergreen conifer stand

*隅田 明洋[1]、渡辺 力[1]、宮浦 富保[2]
*Akihiro Sumida[1], Tsutomu Watanabe[1], Tomiyasu Miyaura[2]

1. 北海道大学　低温科学研究所、2. 龍谷大学　理工学部
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 2. Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

半世紀以上にわたる森林の生態学的研究によって、ある土地の森林の林冠が閉鎖した後は葉面積指数（LAI)がほぼ一定に保たれると考えられてきた。一方で、葉面積指数が年とともにどの程度変動するのか、年変動があるとすればどのような要因が関係しているのか、その年変動が森林のバイオマスの年間増加量に影響するのか、などについて、常緑樹林ではほとんどわかっていなかった。本報告では、常緑針葉樹ヒノキの同齢林において林齢21年から40年までの20年にわたり記録された詳細な長期毎木調査データを利用し、この期間の幹バイオマスの成長速度とLAIの年変動、およびその生物的・気象的要因を調べた研究（[1], [2])について紹介する。この長期調査では、全生存個体に対して樹冠基部の幹直径（D_{CB})が毎年調べられた。D_{CB}からアロメトリックな方法によって個体の葉量を推定でき、そのアロメトリー関係は、森林の違いや林齢の違いの影響を比較的受けにくいことが知られている。また、個体間競争に負けつつある樹木では個体葉量が年とともに減少するが、そのような場合樹冠基部の枝の枯れ上がりの程度が激しく、前年より細い部位が新たな幹の樹冠基部となりD_{CB}が前年より減少する。従ってD_{CB}の測定により個体葉量が減る現象を捉えることができる。このほか、地上から樹木の先端部までの1ｍおきの幹の太さや樹高も記録されており、それらから幹の体積や乾重も推定した。このような個体ベースの測定に基づく個体葉量や個体の幹乾重の推定値を毎年合計することで、年ごとのLAIや幹バイオマスの年変化を推定した。さらに、それらの推定値に誤差伝播の法則を適用することで、幹のバイオマスの成長速度やLAIの信頼範囲も示した。月別の降水量や気温は調査地近くの測候所のAMeDASデータから計算した。

LAIは緩やかな年変動をしながらおよそ7.1-8.8の範囲に維持された。個体の葉面積の時間変化を調べたところ、森林の中の最も大型の個体グループだけが個体葉面積を年とともに増加させ、その増加は、最も小型の個体グループからのみ葉面積を奪うように起こっていた。中間的なサイズをもつ個体グループでは、個体葉面積は20年間大きく変化しなかった。競争に負けて個体葉面積を徐々に減じた小型個体グループは徐々に枯死した。枯死する個体の葉面積が森林のLAIに占める割合は、枯死直前には1%程度以下にまで減っていたため、個体の枯死はLAIの年変動には影響しなかった。以上の結果は、少しずつ葉量を減らしながらも簡単には枯死しない小型個体の存在が、森林のLAIが20年間一定の範囲に維持される理由として重要であることを示唆している。また、20年間で2度胸高の幹断面積合計が前年より減った年があったが、森林の幹バイオマスは常に増加した。これは、胸高の幹直径の成長速度が小さい個体でも樹冠部の幹の太りは比較的大きかったためである。

毎年のLAIとその年の夏（7，8月）の平均気温との間には、弱いが有意な正の相関（r=0.40）があった。この結果は、ヒノキの新葉がつくられる夏の気温が高い年にLAIが増加する傾向があることを示している。さらに、当年の夏の気温だけでなく、当年を含む過去数年の夏の気温の移動平均と当年のLAIとの相関をとり、夏の気温を何年分平均したときに相関が最も高くなるかを調べた。最も強い相関は、当年を含む過去6年間の移動平均を取った時に現れた（r=0.93)。過去の研究により、この森林の林冠の葉のターンオーバー時間が平均6年

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

程度であることがわかっており、葉の入れ替わりに要した過去6年間の夏の気温が、残存効果となってLAIの年変動を引き起こしたことを示している。

一般的にはLAIと森林全体の光合成生産量との間には正の相関があるので、LAIが大きい年は幹バイオマスの増加量も大きいと予想していたが、LAIの年変動と幹バイオマスの増加量の年変動とは無関係（r =0.09）だった。一方幹バイオマスの年増加量はその年の初夏（5〜7月）の降水量と有意な正の相関があった（r=0.63）。樹木生理学の分野の先行研究によれば、光合成で生産された非構造性炭水化物（NSC)のかなりの割合が、成長以外の重要な用途（乾燥に対する生理的恒常性の維持など）に使われており、寡雨による乾燥等のストレスが生じた際は、幹の成長に対するNSCの割当ては最も優先度が低いであろうことが指摘されている。これらの知見が、光合成生産と正の関係をもつはずのLAIと幹バイオマス成長量との間に相関が無かった理由を説明している。

[1] Sumida et al. (2013) Tree Physiology 33, 106–118; [2] Sumida et al.(2018) Scientific Reports 8, 13950.

キーワード：常緑針葉樹林、葉面積指数、気象の残存効果、バイオマス成長、個体間競争、年変動
Keywords: evergreen conifer forest, leaf area index, carry-over effects from recent climatic conditions, biomass growth, competition among individuals, interannual variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯泥炭地のオイルパーム農園における二酸化炭素収支
Carbon dioxide balance of an oil palm plantation on tropical peat

*平野 高司[1]、Frankie Kiew[2]、平田 竜一[3]、Guan Xhuan Wong[2]、Edward Baran Aries[2]、Kevin Kemudang[2]、Joseph Wenceslaus[2]、Lo Kim San[2]、Lulie Melling[2]
*Takashi Hirano[1], Frankie Kiew[2], Ryuichi Hirata[3], Guan Xhuan Wong[2], Edward Baran Aries[2], Kevin Kemudang[2], Joseph Wenceslaus[2], Lo Kim San[2], Lulie Melling[2]

1. 北海道大学大学院農学研究院、2. サラワク州熱帯泥炭研究所、3. 国立環境研究所地球環境研究センター
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Sarawak Tropical Peat Research Institute, 3. CGER, National Institute for Environmental Studies

Oil palm plantations have been expanding rapidly over recent decades especially in Indonesia and Malaysia, the two largest oil palm producers in the world. The greatest concern associated with such expansion is its environmental impact. Carbon rich tropical peat swamp forest is also not excluded from such expansion, because it is accessible for developers. Carbon dioxide (CO_2) release through accelerated oxidative peat decomposition is one of the main environmental concerns in the land conversion from peat swamp forest into oil palm plantations, which were drained and compacted to increase yield. Changes in aboveground biomass also might significantly alter the CO_2 exchange dynamics of the ecosystems. Despite the possible significant changes in the CO_2 balance through the land conversion, there is still no study on the ecosystem-scale CO_2 balance of oil palm plantations established on tropical peat. Thus, we have monitored CO_2 flux above an oil palm plantation established on tropical peatland in Sarawak, Malaysia by the eddy covariance technique since 2011. We quantify the annual CO_2 balance of the oil palm plantation and compare it with that of a secondary peat swamp forest in the same region.

キーワード：CO2フラックス、渦相関法、熱帯泥炭林、森林伐採、排水
Keywords: CO2 flux, Eddy covariance technique, Tropical peat swamp forest, Deforestation, Drainage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The effect of heat wave in the summer of 2018 on carbon and water fluxes in an open black spruce forest in an interior Alaska

*小林 秀樹[1]、Robert Busey[2]、Yongwon Kim[2]、Sigrid Dengel[3]、Stephen Chan[3]
*Hideki Kobayashi[1], Robert Busey[2], Yongwon Kim[2], Sigrid Dengel[3], Stephen Chan[3]

1. 国立研究開発法人　海洋研究開発機構、2. アラスカ大学フェアバンクス校国際北極圏研究センター、3. ローレンスバークレー国立研究所
1. Japan Agency for Marine-Earch Science and Technology, 2. International Arctic Research Center, University of Alaska, Fairbanks, 3. Lawrence Berkeley National Laboratory

Temperatures have been increasing at higher rate in the northern high latitudes than any other regions of the globe, especially over the land areas, and are projected to continue to do so during this century. In interior Alaska, where the majority of landscape is covered with evergreen needleleaf forest, an exceptionally hot dry summer heat wave was observed in July 2018. In this study, we investigated the eddy covariance carbon and water fluxes under the hot dry period in July 2018. The study was performed in an open black spruce forest site located in the Poker Flat Research Range in interior Alaska. Three eddy covariance systems (two enclosed path and one open path eddy covariance systems) were utilized in the study period. We found the significant down regulation of net ecosystem exchanges (NEE) during a high temperature period during DOY 201-206, 2018. We will introduce the results from the carbon and water fluxes with meteorological and spectral measurements in order to understand how the environmental conditions regulated the carbon and water fluxes and how these fluxes are related with the continuous spectral measurements.

キーワード：渦相関法、熱波、寒帯林
Keywords: eddy Covariance, heat wave, boreal forest

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 301A 3F

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)、座長:加藤 知道(北海道大学)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

10:45 ~ 11:00

[ACG39-07] ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5] (1.千葉大学、2.愛知県立大学、3.国立環境研究所、4.筑波大学、5.ハワイ大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG39-08] 火災による全球二酸化炭素排出量の推定

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所)

11:15 ~ 11:30

[ACG39-09] Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1] (1.海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター)

11:30 ~ 11:45

[ACG39-10] Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1] (1.理化学研究所 計算科学研究センター)

11:45 ~ 12:15

[ACG39-11] ディープラーニングで見分ける生態系の動態

★招待講演

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2] (1.京都大学フィールド科学教育研究センター、2.京都大学農学研究科)

ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価
Evaluation of feasibility of continental vegetation monitoring using Himawari-8.

*林 航大[1]、市井 和仁[1]、吉岡 博貴[2]、村上 和隆[3]、井手 玲子[3]、奈佐原 顕郎[4]、秋津 朋子[4]、三浦 知昭[5]
*Kodai Hayashi[1], Kazuhito Ichii[1], Hiroki Yoshioka[2], Kazutaka Murakami[3], Reiko Ide[3], Kenlo Nasahara[4], Tomoko Akitsu[4], Tomoaki Miura[5]

1. 千葉大学、2. 愛知県立大学、3. 国立環境研究所、4. 筑波大学、5. ハワイ大学
1. Chiba Univ., 2. Aichi Prefectural Univ., 3. NIES, 4. Tsukuba Univ., 5. Univ. Hawaii

2015年7月に運用を開始した静止気象衛星ひまわり8号は，搭載された可視近赤外放射計（AHI; Advanced Himawari Imager）の可視・近赤外バンドの増加や空間分解能と観測頻度の向上などにより，新たに陸域観測への応用が期待されている．そのため，広域植生モニタリングに応用できれば，特に観測頻度の飛躍的な向上により，新規性の高いデータを提供することが可能になる．これにより，広範囲での植物フェノロジー変化の低労力かつ定量的な評価や，環境変動に対する陸域生態系の応答メカニズムの解明などへの活用が期待できる．

ひまわり8号データは大気上端（TOA; Top of atmosphere）における放射輝度及び反射率として提供されている．陸域植生モニタリングを行うためには，植生キャノピー上端（TOC; Top of canopy）での反射率を推定する必要がある．しかし，ひまわり8号データからTOC反射率を推定し検証する手法は確立されていない．特に，静止軌道特有の観測幾何条件がもたらすTOC反射率データの性質は分かっておらず，実利用に向けての大きな課題となっている．

本研究では，ひまわり8号/AHIデータを用いてTOC反射率データを構築し，静止軌道特有の観測幾何条件がもたらす性質を把握した上で，広域植生モニタリングへの有用性を評価することを目的とした．まず，ひまわり8号/AHIデータから放射伝達コード6SVを利用してTOC反射率を推定した．そして，陸域植生モニタリングネットワークであるPEN（Phenological Eyes Network）のサイトにおいて，サイト観測の半球分光放射計データとTerra・Aqua衛星搭載MODISセンサによるTOA，TOC反射率データを用いて，NDVIやNrefなどの正規化指数データの日変化と季節変化を比較した．

ひまわり8号/AHIのTOA，TOC反射率データの相互検証としてTerra・Aqua/MODISのTOA，TOC反射率データ（MOD/MYD021KM, MOD/MYD09GA）と比較した結果，特に波長の短い可視域青や緑の波長帯では大気補正により決定係数r^2が大幅に向上した．さらに、2衛星の太陽ーセンサ相対幾何条件が近いもののみ選択したところ，全波長帯で，両者のTOC反射率が1：1の関係に非常に近く，良好な一致となった．次に，PENサイトの半球分光放射計観測データを含め，TOC反射率の季節変化を確認したところ，1年のうち前半（春・夏）はほぼ一致した．一方で，夏以降については，ひまわり8号のTOC反射率はMODISや現地観測（半球分光放射計観測）に比較して高かった．この理由としては，ひまわり8号の場合，日本域では，観測される反射光は後方散乱が卓越し，特に，南中高度が低くなる時期ほど後方散乱と前方散乱の強度の差が大きくなるためだと考える．また，NDVIなどの正規化指数は，地表面反射率の異方性効果の影響を効率的に軽減することができ，MODISと同程度で大まかな植物フェノロジーを捉えることを確認できた．本研究では，相互検証の結果，構築したひまわり8号TOC反射率データについては，観測条件に関して留意する必要があるものの，おおむね他データと一貫した反射率となった．今後は，ひまわり8号の時間分解能の高さにより陸域モニタリングがどの程度進展するかを検証する必要がある．

キーワード：ひまわり8号、大気補正、PEN、MODIS、植生モニタリング、6SV
Keywords: Himawari-8, atmospheric correction, PEN, MODIS, vegetation monitoring, 6SV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火災による全球二酸化炭素排出量の推定
Estimation of global carbon dioxide emissions by fires

*白石 知弘[1]、平田 竜一[1]
*Tomohiro Shiraishi[1], Ryuichi Hirata[1]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

地球温暖化は融雪や乾燥を招くことから森林火災の発生や大規模化の一因であり，これらの火災は温室効果ガスの排出や森林減少・劣化につながり地球温暖化を加速させる。このように森林火災は温室効果ガス排出源であり，より正確な排出量を推定することは重要な課題である。

本研究は衛星観測データを利用し，2001年から2018年に発生した火災による全球二酸化炭素排出量の推定を行う。データは，火災域検出のためにMODISのMOD14A1プロダクト，土地被覆分類図としてMODISのMCD12Q1プロダクト，また，Wageningen大学Avitabileらの作成した地上バイオマス図を使用した。二酸化炭素排出量は燃焼面積，バイオマス密度，燃焼効率，排出係数から土地被覆タイプを考慮して推定した。本手法は空間分解能が500m，時間分解能が日次であり，他の先行研究と比較し詳細な解析が可能である。2001年から2018年間の二酸化炭素排出量の推定結果は年平均6140.16[Tg/year]，標準偏差595.76[Tg/year]であった。この結果を他研究と比較すると，GFED4.1sとFINN1.0には約11%，GFAS1.0には約8%，G-G (Shi et al.,2015)には約36%の過小評価となった。

キーワード：二酸化炭素排出
Keywords: Carbon dioxide emissions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest: a simulation study

*佐藤 永[1]
*Hisashi Sato[1]

1. 海洋研究開発機構 北極環境変動総合研究センター
1. Institute of Arctic Climate and Environment Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

In eastern Siberia, larches (Larix spp.) often exist in pure stands, constructing the world's largest coniferous forest, of which changes can significantly affect the earth's albedo and the global carbon balance. Siberian larch area locates on the environmental edge of existence of forest ecosystem, and hence small difference in environmental condition alters existence of larch trees.

Indeed, there is a quantitative pattern that topographic properties controls the abundance of larch forest via both drought and flooding stresses in this region; larch abundance appears to be controlled by drought stress in mountainous regions, while controlled by flooding stresses in plain areas (Sato& Kobayashi 2018). Besides, this region is underlaid by permafrost, vegetation productivity is constraint by depth of active layer; plant productivity becomes lower for shallower active layer by reducing liquid-state-water holding capacity (Beers et al. 2007). At the same time, active layer depth is a function of soil wetness, because wetland soil has larger ice content in active layer, which facilitates downward heat conduction to the permafrost, resulting in shallow thaw for the active layers (Woo & Xia 1996).

To reconstruct such complicated interactions between topography, permafrost, and vegetation in Siberian larch forest, the TOPMODEL, which is a physically based streamflow and water-table-depth computation scheme was implemented to a dynamic vegetation model SEIB-DGVM (Sato et al. 2016), which works with a thermohydrology model. In this presentation, I will talk how this integrated model reasonably works, and how it can be employed for future projection of environmental conditions of the Siberian larch region.

Citations

Beer, C., et al. (2007). "Effects of soil freezing and thawing on vegetation carbon density in Siberia: A modeling analysis with the Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJ-DGVM)." Global Biogeochemical Cycles 21(1).

Carey, S. K. and M.-k. Woo (1998). A Case Study of Active Layer Thaw and Its Controlling Factors. 7th International Permafrost Conference. Yellowknife, NWT: 127-132.

Sato, H., et al. (2016). "Endurance of larch forest ecosystems in eastern Siberia under warming trends." Ecol Evol 6(16): 5690-5704.

Sato, H. and H. Kobayashi (2018). "Topography Controls the Abundance of Siberian Larch Forest." Journal of Geophysical Research-Biogeosciences 123(1): 106-116.

Woo, M. K. and Z. J. Xia (1996). "Effects of hydrology on the thermal conditions of the active layer." Nordic Hydrology 27(1-2): 129-142.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：永久凍土、動的全球植生モデル、カラマツ、TOPMODEL
Keywords: Permafrost, Dynamic Global Vegetation Models, Larch, TOPMODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data assimilation experiments with MODIS LAI observation and the dynamic global vegetation model SEIB-DGVM in Japan

*荒木田 葉月[1]、小槻 峻司[1]、大塚 成徳[1]、三好 建正[1]
*Hazuki Arakida[1], Shunji Kotsuki[1], Shigenori Otsuka[1], Takemasa Miyoshi[1]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. RIKEN Center for Computational Science

In the previous study, Arakida et al. (2017) developed a data assimilation system with the SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual-Based Dynamic Global Vegetation Model), and assimilated satellite-observed Leaf Area Index (LAI) successfully over Siberia. In this study, we extend the experiment to a Japanese forest at the Takayama flux site and investigate the performance of the data assimilation system. We estimate the vegetation functions and structures, and model parameters related to the phenology of the deciduous broad-leaved tree and the undergrowth. For the climate forcing data, we used the global reanalysis dataset known as the ERA5. The original data assimilation system developed for Siberia turned out not to be suitable for the Japanese forest because of different LAI variabilities between Siberia and Japan. Namely, LAI stays at the saturated level for an extended period in Japan, while in Siberia, the LAI starts to drop soon after it reaches to the maximum value. Therefore, a model parameter which controls the saturated LAI level was considered for additional parameter estimation. In addition, the undergrowth was changed from deciduous to evergreen. The results show that the DA system performs generally well in Japan with the additional parameter estimation and the modification to the undergrowth.

Arakida, H., T. Miyoshi, T. Ise, S.-I. Shima, and S. Kotsuki (2017), Non-Gaussian data assimilation of satellite-based leaf area index observations with an individual-based dynamic global vegetation model, Nonlinear Proc. Geoph., 24, 553-567, doi:10.5194/npg-24-553-2017.

キーワード：データ同化、植生モデル、衛星データ
Keywords: data assimilation, vegetation model, satellite data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ディープラーニングで見分ける生態系の動態
Studying ecosystem dynamics with deep neural networks

*伊勢 武史[1]、大西 信徳[2]
*Takeshi Ise[1], Masanori Onishi[2]

1. 京都大学フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学農学研究科
1. FSERC, Kyoto University, 2. Grad. School of Agriculture, Kyoto University

観測による生態学的データの取得には多くの苦労がともなってきた。そもそも観測対象として生物を選んだ時点で困難がつきまとうのだが、生態学がターゲットとする森林・湿地・岩場・高山・海洋などのフィールドで、学術研究に値する正確なデータを取得することに多大な時間と労力をかけてきた生態学者は多いことだろう。そのようなフィールド観測自体が生態学の醍醐味だと感じることも確かにあるが、新しい技術や考え方でデータ取得が容易になり研究がはかどるならば、我々はそれも受け入れるべきではないだろうか。本発表ではまず、観察し、仮説を立て、検証するという科学の手続きが、ビッグデータにもとづく「データ駆動型科学」でどのように成り立つかを検討する。次に、ビッグデータ科学の応用例としてディープラーニングを検討する。人工知能研究の進歩によって、従来はむずかしかった生態学的情報の抽出が可能となってきた。ディープラーニングによって、人工衛星画像からさまざまな植生を判別したり、デジタルカメラによる静止画や動画から特定の植物の存在を見分けたりすることが可能になっている。さらに、ディープラーニングによる時系列データ処理と将来予測についても紹介する。このように、強力なデータ取得ツールとしてのディープラーニングについて学ぶことは陸域生態系の理解の促進に貢献すると信じたい。

キーワード：ディープラーニング、ニューラルネットワーク、リモートセンシング
Keywords: deep learning, neural networks, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響
Long-term warming effect on heterotrophic respiration in a beech forest on Mount Naeba

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1]
*Munemasa Teramoto[1], Naishen Liang[1], Masaaki Naramoto[2], Jiye Zeng[1], Zhao Xin[1], Hajime Tomimastu[1]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 静岡大学農学部
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University

Soil respiration is the second largest carbon flux in terrestrial ecosystems and the global soil respiration is estimated to be 98 GtC yr^{-1}. Soil respiration consists of root respiration and heterotrophic respiration (R_h), and R_h contributes more than half of the soil respiration. It is commonly observed that R_h exponentially increases with temperature. Therefore, a small increase of temperature can result in a remarkable enhancement of R_h, indicating that it is an important positive feedback factor to accelerate global warming under a warmer environment. However, the long-term warming effect on R_h is not well understood especially in the humid Asian monsoon region.

To examine the long-term response of R_h to global warming in Asian monsoon forests, we set a multi-channel automated chamber measurement system in a beech forest on Mount Naeba in July 2007. We prepared 10 trenched chambers (90 cm ×90 cm ×50 cm) to continuously measure R_h. Half of those trenched chambers were artificially warmed by infrared heaters 1.6 m above the soil surface (+2.5ºC), and the influence of soil warming on R_h was examined by comparing control plots and warming plots. Measurements were conducted mainly during growing season from June to October.

Even though there was a large inter-annual variation, enhancement of R_h by soil warming was confirmed in all 8 years measurements. Soil temperature was the primary factor for the seasonal variation of R_h. The influence of soil moisture on seasonal variation of R_h was relatively small.

キーワード：土壌有機炭素、地球温暖化、微生物呼吸、チャンバー、アジアモンスーン
Keywords: soil organic carbon, global warming, heterotrophic respiration, chamber, Asian monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

Simple approach to predict flowering and full blooming dates by bi-directional Self Organizing Maps

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3]
*Shin Nagai[1], Hiroshi Morimoto[2], Taku M Saitoh[3]

1. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 名古屋大学、3. 岐阜大学流域圏科学研究センター
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Nagoya University, 3. River Basin Research Center, Gifu University

Accurate prediction of blooming phenology is important to evaluate spatio-temporal variability of ecosystem functions and services, and biodiversity under climate change. The process-based phenology models have been developed but they require suitable parameters to account for endodormancy and ecodormancy processes for each species. Our eco-physiological interpretation and observations of these processes are not still enough for various species. Here, we proposed a simple blooming phenology model by the bi-directional Self Organizing Maps (SOM). SOM, which is one of the data mining approaches, is a tool for categorizing patterns in n-dimensional observation data by forming a 2 dimensional lattice (https://clarkdatalabs.github.io/soms/SOM_NBA). The flowering and full blooming dates from 1953 to 2018 in 42 sites, Japan were predicted by the bi-directional SOM. We inputted daily mean air temperature during ecodormancy period (mainly from February to just before the flowering date) into input vectors and observed flowering or full blooming dates into a target vector. The mean absolute errors between predicted and observed flowering and full blooming dates were 2.78 to 4.33 days and 2.77 to 4.76 days, respectively. Compared with the process-based phenology model approach, our proposed approach have a little higher error. However, our approach has a merit that flowering and full blooming dates can be predicted with the very low cost of calculation without accounting for the endodormancy and ecodormancy processes. In this presentation, we show the latest result and discuss usability, uncertainty, and outlook of our proposed method.

キーワード：植物季節、自己組織化マップ、気候変動
Keywords: phenology, Self Organizing Maps, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

Effects of undergrowth mowing on understory carbon balance in a deciduous broadleaf forest of an urban park in central Japan

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3]
Guochao Wang[2], *Tomotsugu Yazaki[1], Toshio Kume[1], Takamitsu Kai[3]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科、3. 明治大学農場
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 3. Kurokawa Field Science Center, Meiji University

関東平野の平地林は1950年代まで農用林、薪炭林として利用され、農業生産や農家の生活に必要な資材を提供したが、東京都は1980年代から丘陵地公園において雑木林の景観や生物多様性の保全を意識した植生管理が行われた。一方で、都市緑地は京都議定書において都市部におけるほぼ唯一炭素吸収源として位置付けられており、植生管理が都市緑地の炭素収支に及ぼす影響の評価は重要であるが、また未解明な点が多い。将来、生物多様性や景観の保全をしながら、炭素放出の削減が可能な都市緑地の管理を目指しており、そのため、まず下草刈りが都市公園における炭素収支に及ぼす影響を評価した。

キーワード：下層植生管理、炭素収支、バイオマス、土壌呼吸、土壌炭素
Keywords: understory vegetation management, carbon balance, biomass, soil respiration, soil carbon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan

*KANOKRAT BUAREAL[1], Tomomichi Kato[2], Keisuke Ono[3]

1. Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan

The terrestrial ecosystem is the main sink of carbon storage through plant photosynthesis which can be expressed as gross primary productivity (GPP). Accurate tracking of photosynthesis in the ecosystem level is essential because it is involved in global carbon cycling and the carbon balance between land and atmosphere. Recently, Solar-Induced Chlorophyll fluorescence (SIF) has been used for tracking changes in plant photosynthesis at the global scale by satellite. However, the coarser spatial-temporal scale by satellite needs to be validated by performing a ground-based SIF assessment to better understand the dynamics of CO2 uptake by plants. The high-resolution spectrum for SIF detection was measured at the Mase eddy flux site (36.05˚N, 140.03˚E, 11 m ASL.) in Tsukuba, Japan. The study area is a rice paddy field (*Oryza sativa* L.; cultivar Koshihikari), which is a main Asia crop type. Transplanting seedlings and harvesting crop were processed in early-May and mid-September, respectively. The spectrum was measured from April to December in 2018 using five spectroradiometers; FLAME, HR4000 x 2, QE Pro x 2 (Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) with 0.11-1.08 nm of the full-width at half maximum (FWHM). For recording the irradiance with 5 minutes interval time, the spectroradiometers were connected via fiber switches (FSM1x8, Piezosystem Jena GmbH, Jena, Germany, and MOL-1x8-600-H, LEONI Fiber Optics GmbH, Föritztal, Germany) to three optical fiber cables: the first one was set looking downward at a viewing zenith angle of 45˚ as bare fiber (field of view (FOV) of 25˚, cable length of 15m), the second one was vertically set looking downward with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 15m), and the third one was vertically set looking upward to the sky with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 6m). The SIF was calculated by multispectral methods derived from the Fraunhofer Line Depth (FLD) principle 2FLD, 3FLD, iFLD and Spectral Fitting Method (SFM). In this study, the preliminary results of SIF detection are shown together with other conventional vegetation indices such as the normalized difference vegetation index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) for evaluating their relationship and finally verifying the SIF to be a promising proxy of photosynthesis tracking in the paddy field ecosystem.

Keywords: Ground-based SIF measurement, Fraunhofer Line Depth, Gross primary productivity, Photosynthesis, Spectroradiometers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2]
*Tomomichi Kato[1], Kazuki Mizuno[2]

1. 北海道大学農学研究院、2. 北海道大学農学院
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence (SIF) has been used to estimate the ecosystem photosynthesis (GPP) recently by Satellite remote sensing and by ground observations. The advantage of use of SIF is to be able to detect the photosynthetic activity on multiple scales. To examine the potential relationship in the anomalies between SIF and environmental factors including the VI, we investigated them from the currently available satellite monthly data from GOME-2 on 0.5o (Joiner et al., 2009) and other observation-based datasets including the inversion biosphere carbon uptake estimated by CarbonTracker, the ground surface CO2 concentration by GOSAT, the CRU climatology from UEA, and multiple climatic teleconnection indices (NiNO3, PDO, NAO etc.) for 10 years from 2007 to 2016.

The SIF and biosphere land carbon uptake by Carbon Tracker 2016 has a strong negative correlationship in Australia and Middle of North America, especially in summer (JJA) in grass, shrub and rangeland. High correlation between SIF and CO2 concentration showed seasonal change. This suggests that the photosynthesis in drier and less productive ecosystems showed directly positive reactions to leaf biomass change increase probably due to simple canopy structure.

Summer SIF anomaly showed relatively high correlation coefficients to the anomalies in temperature, diurnal temperature range, potential evapotranspiration, cloudiness and precipitation depending on region. SIF anomaly also responses strongly to NiNO3 and other teleconnections in Africa, Australia, East and Central Asia, and North America. Land Cover specific analysis shows that cloudiness has negative relationship to the sensitivity of anomalies in SIF to that in cloudiness and precipitation slopes except for desert. Precipitation does not show clear relationship. Temperature shows positive response to sensitivity to cloudiness and precipitation, and negative one to that to temperature.

キーワード：リモートセンシング、炭素動態
Keywords: Remote sensing, Carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定
Estimation of terrestrial carbon cycle in Asia using a machine learning and satellite data

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4]
*Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[2], Yusuke hayashi[1], Zhiyan Liu[1], Masahito Ueyama[3], Yuji Kominami[4]

1. 千葉大学、2. 千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3. 大阪府立大学、4. 国立研究法人　森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 3. Osaka Prefecture University, 4. Forest Research and Management Organization

陸域生態系の炭素循環において, 植物の純一次生産量(Gross Primary Productivity; GPP)と生態系呼吸量(Ecosystem Respiration; RE)は重要な役割を担っている. これらの広域推定については、近年, 地上観測ネットワークの拡大, 衛星観測データの充実，機械学習の発達などにより, これら観測データを用いた機械学習による経験的な広域推定が多く行われるようになった[Yang et al. 2007; Jung et al. 2011; Kondo et al., 2015]. アジア地域においては，JapanFluxを始めとする種々のネットワークデータを統合し，サポートベクタ回帰を用いた広域推定が行われ, 推定結果の公開もされている[Ichii et al., 2017].

これら広域推定に広く用いられている衛星データはTerra, Aqua衛星搭載のMODISセンサプロダクトである. これまでの研究の多くで利用されてきたMODISデータセットは古いバージョンのCollection 5　(C5)であった。MODIS C5データはセンサ感度の経年変動を十分に補正できておらず、新たなバージョンCollection 6 (C6)によって改善された [Wang et al., 2012]. これまでの機械学習による広域推定の研究では主にC5データが使われており、C6データに更新した際の推定結果に及ぼす影響の評価には至っていない.

そこで本研究では、アジア域を対象にして、機械学習によるCO2フラックス広域推定において、MODISデータのバージョンアップ(C5からC6へ)を行い、推定されるCO2フラックスがどの程度変わり得るかを評価した。入力パラメータや推定アルゴリズムについては、既存研究[Ichii et al., 2017]をベースにし、MODISデータのバージョンアップのみを行うことでMODISデータのバージョンアップによる影響を観測サイトレベル・広域スケールの両面から評価した. アジアにおける54観測サイトについて、機械学習のトレーニング・テストに用いるMODISデータをC6に更新した。さらに、アジア広域におけるMODISデータセットもC6に更新した。モデルへの入力変数とした衛星データには, 植物の作用に影響を与える地表面温度や, 植生の密度を表す葉面積指数, 植生指数, 水指数などが含まれる.　出力変数として、GPPとNEE　(Net Ecosystem Exchange; RE－GPP) を推定した.

地上観測サイトでの解析では, C5, C6を使用して作成した推定モデル(GPP, NEE)の結果に大きな違いはなかった. しかし, 植生タイプ別や地上観測サイト単位で解析すると,　いくつかの植生タイプでC5とC6のモデル結果に違いを確認した. 次に, アジア広域での解析では, GPPの空間分布についてC5とC6の結果を比較すると, 両者類似していたが, 東南アジアなどの一部地域では傾向が異なった.さらに, 2000年から2015年のアジア広域でのGPPの長期的な変動の違いを比較すると, C6の方がC5による推定結果よりも増加傾向が高かった. 今後はどちらのGPPやNEEの経年変動推定結果が正しいかを, 他のモデルやデータセットを使用して解明する予定である.

謝辞: 本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（2-1701）により実施された

引用文献:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ichii et al. (2017) JGR-Biogeosciences, 122, 767–795.

Jung et al. (2011) JGR-Biogeosciences, 116, G00J07.

Kondo et al. (2015) JGR-Biogeosciences, 120, 1226–1245.

Yang et al. (2007) Remote Sens. Environ., 110, 109-122.

Wang et al. (2012) Remote Sens. Environ., 119, 55–61.

キーワード：炭素循環、陸域生態系、機械学習
Keywords: carbon cycle, terrestrial ecosystem, machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較
Estimation of global solar-induced chlorophyll fluorescence (SIF) by terrestrial ecosystem model VISIT and comparison with SIF observed by GOSAT

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1]
*Tatsuya Miyauchi[1], Makoto Saito[1], Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Akihiko Ito[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測衛星GOSATにより太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence: SIF）が観測可能であることが報告されて以来、SIFと総一次生産（GPP）との強い相関関係に基づいたGPP推定や陸域生態系モデルの予測精度向上に関する研究が多く行われている。2018年には温室効果ガス観測衛星GOSAT-2の打ち上げが成功し、SIFのプロダクトも公開予定である。本研究では、SIFデータを用いて陸域生態系モデルVISITのGPP予測精度を向上させるために、まずVISITへSIF計算プロセスを実装した。SIFはVISIT内で計算される樹冠で吸収される光合成有効放射と電子伝達速度から光合成、熱放散、蛍光の生化学反応に基づいてエネルギー配分を計算して求めた。また、GOSATの観測したSIFと比較可能にするために、群落放射伝達モデルを用いて衛星の観測方向のSIFへの変換を行った。本発表では、実装したSIF計算のモデル内の変数と生化学プロセスの関係、観測方向のSIFへの変換のための放射伝達モデルの適用方法について詳しく述べ、VISITで計算したSIFとGOSATが観測したSIFの比較結果も示す。

キーワード：太陽光励起クロロフィル蛍光、陸域生態系モデル、GOSAT、総一次生産 、炭素循環
Keywords: Solar-induced chlorophyll fluorescence, Terrestrial ecosystem model, GOSAT, GPP, Carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用
Automatic vegetation identification in the satellite image using a convolutional neural network

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3]
*Watanabe Shuntaro[1], Kazuaki Sumi[2], Takeshi Ise[1,3]

1. 京都大学・フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学・院・農、3. JST さきがけ
1. Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, 3. PRESTO, Japan Science and Technology Agency

画像に基づく生物種の自動同定技術は、種同定や分布把握に要する労力を削減することで、高い時空間解像度での分布や個体数のマッピングを実現させうる有望な技術になる期待されている。特に近年、画像の特徴抽出と分類を深層学習の枠組みの中で自動的に最適化する畳み込みニューラルネットワーク（CNN）の技術が画像分類などで大きな成果をあげており、生態学への応用も進みつつある。しかし、CNNは衛星画像中の植生識別にはまだあまり応用されていない。その原因として①衛星画像中の植物群落の形状の不安定性　②学習に必要となる大量の教師画像を取得の困難　の２点があげられる。筆者らはこの困難を克服するため、教師画像を細切れに分割し、小画像の単位で識別を行う方法（Ise et al., 2018）を考案した。

本研究ではこの手法を衛星画像に適用し、植物群落の識別を試みた事例を紹介する。最初に、竹林の特定を念頭においた２クラス分類モデルをCNNにより開発した。山口県山陽小野田市、京都府井手町、千葉県いすみ市周辺を対象地域とし、google earth から取得した1/500、1/1000、1/2500の３種類の縮尺の画像を56ピクセルの大きさに分割し、竹林とそれ以外のオブジェクトを識別した。識別後、混合行列を用いて正答率を判定した。縮尺は1/500、1/1000 の大きさでは9 割以上の正答率であったが、1/2500 では正答率が6割程度まで低下した。また、教師画像は同じ自治体内の竹林画像で作成した際は9 割以上の正答率であったが、他の自治体の竹林画像を教師画像とした際は識別率が7割程度まで低下した。これらのことからCNNはgoogle earth画像から竹林を高い精度で識別することが可能だが、その精度は画像の縮尺と教師画像の内容に大きく依存することが示唆された。

次に開発した識別モデルを複数の植生の識別を念頭においた多クラス分類モデル（竹林、広葉樹林、スギ・ヒノキ人工林を識別するモデル）に拡張した。
京都府井手町周辺の約50平方キロの範囲のgoogle earthの画像を元に、14層で構成されるCNNを用いて森林植生のタイプを識別するモデルを構築した。精度検証の結果、クラス分類モデルは、人工林は95%、広葉樹林は86%の精度で識別できたが、２クラス分類モデルでは約93%の精度で分類できていた竹林については83%まで精度が低下した。また、広葉樹と竹林の間で識別の間違えが頻繁に発生することも明らかになった。以上の結果は、CNNはおおむね正確に植生を識別できるが、その精度は分類クラス数が増加することによって悪化する可能性があることを示唆している。

キーワード：畳み込みニューラルネット、リモートセンシング、植生マッピング、グーグルアース
Keywords: Convolutional neural network, Remote sensing, Vegetation mapping, Google Earth imagery

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響
Long-term warming effect on heterotrophic respiration in a beech forest on Mount Naeba

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1]
*Munemasa Teramoto[1], Naishen Liang[1], Masaaki Naramoto[2], Jiye Zeng[1], Zhao Xin[1], Hajime Tomimastu[1]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 静岡大学農学部
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University

Soil respiration is the second largest carbon flux in terrestrial ecosystems and the global soil respiration is estimated to be 98 GtC yr^{-1}. Soil respiration consists of root respiration and heterotrophic respiration (R_h), and R_h contributes more than half of the soil respiration. It is commonly observed that R_h exponentially increases with temperature. Therefore, a small increase of temperature can result in a remarkable enhancement of R_h, indicating that it is an important positive feedback factor to accelerate global warming under a warmer environment. However, the long-term warming effect on R_h is not well understood especially in the humid Asian monsoon region.

To examine the long-term response of R_h to global warming in Asian monsoon forests, we set a multi-channel automated chamber measurement system in a beech forest on Mount Naeba in July 2007. We prepared 10 trenched chambers (90 cm ×90 cm ×50 cm) to continuously measure R_h. Half of those trenched chambers were artificially warmed by infrared heaters 1.6 m above the soil surface (+2.5ºC), and the influence of soil warming on R_h was examined by comparing control plots and warming plots. Measurements were conducted mainly during growing season from June to October.

Even though there was a large inter-annual variation, enhancement of R_h by soil warming was confirmed in all 8 years measurements. Soil temperature was the primary factor for the seasonal variation of R_h. The influence of soil moisture on seasonal variation of R_h was relatively small.

キーワード：土壌有機炭素、地球温暖化、微生物呼吸、チャンバー、アジアモンスーン
Keywords: soil organic carbon, global warming, heterotrophic respiration, chamber, Asian monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

Simple approach to predict flowering and full blooming dates by bi-directional Self Organizing Maps

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3]
*Shin Nagai[1], Hiroshi Morimoto[2], Taku M Saitoh[3]

1. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 名古屋大学、3. 岐阜大学流域圏科学研究センター
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Nagoya University, 3. River Basin Research Center, Gifu University

Accurate prediction of blooming phenology is important to evaluate spatio-temporal variability of ecosystem functions and services, and biodiversity under climate change. The process-based phenology models have been developed but they require suitable parameters to account for endodormancy and ecodormancy processes for each species. Our eco-physiological interpretation and observations of these processes are not still enough for various species. Here, we proposed a simple blooming phenology model by the bi-directional Self Organizing Maps (SOM). SOM, which is one of the data mining approaches, is a tool for categorizing patterns in n-dimensional observation data by forming a 2 dimensional lattice (https://clarkdatalabs.github.io/soms/SOM_NBA). The flowering and full blooming dates from 1953 to 2018 in 42 sites, Japan were predicted by the bi-directional SOM. We inputted daily mean air temperature during ecodormancy period (mainly from February to just before the flowering date) into input vectors and observed flowering or full blooming dates into a target vector. The mean absolute errors between predicted and observed flowering and full blooming dates were 2.78 to 4.33 days and 2.77 to 4.76 days, respectively. Compared with the process-based phenology model approach, our proposed approach have a little higher error. However, our approach has a merit that flowering and full blooming dates can be predicted with the very low cost of calculation without accounting for the endodormancy and ecodormancy processes. In this presentation, we show the latest result and discuss usability, uncertainty, and outlook of our proposed method.

キーワード：植物季節、自己組織化マップ、気候変動
Keywords: phenology, Self Organizing Maps, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

Effects of undergrowth mowing on understory carbon balance in a deciduous broadleaf forest of an urban park in central Japan

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3]
Guochao Wang[2], *Tomotsugu Yazaki[1], Toshio Kume[1], Takamitsu Kai[3]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科、3. 明治大学農場
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 3. Kurokawa Field Science Center, Meiji University

関東平野の平地林は1950年代まで農用林、薪炭林として利用され、農業生産や農家の生活に必要な資材を提供したが、東京都は1980年代から丘陵地公園において雑木林の景観や生物多様性の保全を意識した植生管理が行われた。一方で、都市緑地は京都議定書において都市部におけるほぼ唯一炭素吸収源として位置付けられており、植生管理が都市緑地の炭素収支に及ぼす影響の評価は重要であるが、また未解明な点が多い。将来、生物多様性や景観の保全をしながら、炭素放出の削減が可能な都市緑地の管理を目指しており、そのため、まず下草刈りが都市公園における炭素収支に及ぼす影響を評価した。

キーワード：下層植生管理、炭素収支、バイオマス、土壌呼吸、土壌炭素
Keywords: understory vegetation management, carbon balance, biomass, soil respiration, soil carbon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan

*KANOKRAT BUAREAL[1], Tomomichi Kato[2], Keisuke Ono[3]

1. Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan

The terrestrial ecosystem is the main sink of carbon storage through plant photosynthesis which can be expressed as gross primary productivity (GPP). Accurate tracking of photosynthesis in the ecosystem level is essential because it is involved in global carbon cycling and the carbon balance between land and atmosphere. Recently, Solar-Induced Chlorophyll fluorescence (SIF) has been used for tracking changes in plant photosynthesis at the global scale by satellite. However, the coarser spatial-temporal scale by satellite needs to be validated by performing a ground-based SIF assessment to better understand the dynamics of CO2 uptake by plants. The high-resolution spectrum for SIF detection was measured at the Mase eddy flux site (36.05˚N, 140.03˚E, 11 m ASL.) in Tsukuba, Japan. The study area is a rice paddy field (*Oryza sativa* L.; cultivar Koshihikari), which is a main Asia crop type. Transplanting seedlings and harvesting crop were processed in early-May and mid-September, respectively. The spectrum was measured from April to December in 2018 using five spectroradiometers; FLAME, HR4000 x 2, QE Pro x 2 (Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) with 0.11-1.08 nm of the full-width at half maximum (FWHM). For recording the irradiance with 5 minutes interval time, the spectroradiometers were connected via fiber switches (FSM1x8, Piezosystem Jena GmbH, Jena, Germany, and MOL-1x8-600-H, LEONI Fiber Optics GmbH, Föritztal, Germany) to three optical fiber cables: the first one was set looking downward at a viewing zenith angle of 45˚ as bare fiber (field of view (FOV) of 25˚, cable length of 15m), the second one was vertically set looking downward with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 15m), and the third one was vertically set looking upward to the sky with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 6m). The SIF was calculated by multispectral methods derived from the Fraunhofer Line Depth (FLD) principle 2FLD, 3FLD, iFLD and Spectral Fitting Method (SFM). In this study, the preliminary results of SIF detection are shown together with other conventional vegetation indices such as the normalized difference vegetation index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) for evaluating their relationship and finally verifying the SIF to be a promising proxy of photosynthesis tracking in the paddy field ecosystem.

Keywords: Ground-based SIF measurement, Fraunhofer Line Depth, Gross primary productivity, Photosynthesis, Spectroradiometers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2]
*Tomomichi Kato[1], Kazuki Mizuno[2]

1. 北海道大学農学研究院、2. 北海道大学農学院
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence (SIF) has been used to estimate the ecosystem photosynthesis (GPP) recently by Satellite remote sensing and by ground observations. The advantage of use of SIF is to be able to detect the photosynthetic activity on multiple scales. To examine the potential relationship in the anomalies between SIF and environmental factors including the VI, we investigated them from the currently available satellite monthly data from GOME-2 on 0.5o (Joiner et al., 2009) and other observation-based datasets including the inversion biosphere carbon uptake estimated by CarbonTracker, the ground surface CO2 concentration by GOSAT, the CRU climatology from UEA, and multiple climatic teleconnection indices (NiNO3, PDO, NAO etc.) for 10 years from 2007 to 2016.

The SIF and biosphere land carbon uptake by Carbon Tracker 2016 has a strong negative correlationship in Australia and Middle of North America, especially in summer (JJA) in grass, shrub and rangeland. High correlation between SIF and CO2 concentration showed seasonal change. This suggests that the photosynthesis in drier and less productive ecosystems showed directly positive reactions to leaf biomass change increase probably due to simple canopy structure.

Summer SIF anomaly showed relatively high correlation coefficients to the anomalies in temperature, diurnal temperature range, potential evapotranspiration, cloudiness and precipitation depending on region. SIF anomaly also responses strongly to NiNO3 and other teleconnections in Africa, Australia, East and Central Asia, and North America. Land Cover specific analysis shows that cloudiness has negative relationship to the sensitivity of anomalies in SIF to that in cloudiness and precipitation slopes except for desert. Precipitation does not show clear relationship. Temperature shows positive response to sensitivity to cloudiness and precipitation, and negative one to that to temperature.

キーワード：リモートセンシング、炭素動態
Keywords: Remote sensing, Carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定
Estimation of terrestrial carbon cycle in Asia using a machine learning and satellite data

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4]
*Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[2], Yusuke hayashi[1], Zhiyan Liu[1], Masahito Ueyama[3], Yuji Kominami[4]

1. 千葉大学、2. 千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3. 大阪府立大学、4. 国立研究法人　森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 3. Osaka Prefecture University, 4. Forest Research and Management Organization

陸域生態系の炭素循環において, 植物の純一次生産量(Gross Primary Productivity; GPP)と生態系呼吸量(Ecosystem Respiration; RE)は重要な役割を担っている. これらの広域推定については、近年, 地上観測ネットワークの拡大, 衛星観測データの充実，機械学習の発達などにより, これら観測データを用いた機械学習による経験的な広域推定が多く行われるようになった[Yang et al. 2007; Jung et al. 2011; Kondo et al., 2015]. アジア地域においては，JapanFluxを始めとする種々のネットワークデータを統合し，サポートベクタ回帰を用いた広域推定が行われ, 推定結果の公開もされている[Ichii et al., 2017].

これら広域推定に広く用いられている衛星データはTerra, Aqua衛星搭載のMODISセンサプロダクトである. これまでの研究の多くで利用されてきたMODISデータセットは古いバージョンのCollection 5　(C5)であった。MODIS C5データはセンサ感度の経年変動を十分に補正できておらず、新たなバージョンCollection 6 (C6)によって改善された [Wang et al., 2012]. これまでの機械学習による広域推定の研究では主にC5データが使われており、C6データに更新した際の推定結果に及ぼす影響の評価には至っていない.

そこで本研究では、アジア域を対象にして、機械学習によるCO2フラックス広域推定において、MODISデータのバージョンアップ(C5からC6へ)を行い、推定されるCO2フラックスがどの程度変わり得るかを評価した。入力パラメータや推定アルゴリズムについては、既存研究[Ichii et al., 2017]をベースにし、MODISデータのバージョンアップのみを行うことでMODISデータのバージョンアップによる影響を観測サイトレベル・広域スケールの両面から評価した. アジアにおける54観測サイトについて、機械学習のトレーニング・テストに用いるMODISデータをC6に更新した。さらに、アジア広域におけるMODISデータセットもC6に更新した。モデルへの入力変数とした衛星データには, 植物の作用に影響を与える地表面温度や, 植生の密度を表す葉面積指数, 植生指数, 水指数などが含まれる.　出力変数として、GPPとNEE　(Net Ecosystem Exchange; RE－GPP) を推定した.

地上観測サイトでの解析では, C5, C6を使用して作成した推定モデル(GPP, NEE)の結果に大きな違いはなかった. しかし, 植生タイプ別や地上観測サイト単位で解析すると,　いくつかの植生タイプでC5とC6のモデル結果に違いを確認した. 次に, アジア広域での解析では, GPPの空間分布についてC5とC6の結果を比較すると, 両者類似していたが, 東南アジアなどの一部地域では傾向が異なった.さらに, 2000年から2015年のアジア広域でのGPPの長期的な変動の違いを比較すると, C6の方がC5による推定結果よりも増加傾向が高かった. 今後はどちらのGPPやNEEの経年変動推定結果が正しいかを, 他のモデルやデータセットを使用して解明する予定である.

謝辞: 本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（2-1701）により実施された

引用文献:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ichii et al. (2017) JGR-Biogeosciences, 122, 767–795.

Jung et al. (2011) JGR-Biogeosciences, 116, G00J07.

Kondo et al. (2015) JGR-Biogeosciences, 120, 1226–1245.

Yang et al. (2007) Remote Sens. Environ., 110, 109-122.

Wang et al. (2012) Remote Sens. Environ., 119, 55–61.

キーワード：炭素循環、陸域生態系、機械学習
Keywords: carbon cycle, terrestrial ecosystem, machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較
Estimation of global solar-induced chlorophyll fluorescence (SIF) by terrestrial ecosystem model VISIT and comparison with SIF observed by GOSAT

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1]
*Tatsuya Miyauchi[1], Makoto Saito[1], Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Akihiko Ito[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測衛星GOSATにより太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence: SIF）が観測可能であることが報告されて以来、SIFと総一次生産（GPP）との強い相関関係に基づいたGPP推定や陸域生態系モデルの予測精度向上に関する研究が多く行われている。2018年には温室効果ガス観測衛星GOSAT-2の打ち上げが成功し、SIFのプロダクトも公開予定である。本研究では、SIFデータを用いて陸域生態系モデルVISITのGPP予測精度を向上させるために、まずVISITへSIF計算プロセスを実装した。SIFはVISIT内で計算される樹冠で吸収される光合成有効放射と電子伝達速度から光合成、熱放散、蛍光の生化学反応に基づいてエネルギー配分を計算して求めた。また、GOSATの観測したSIFと比較可能にするために、群落放射伝達モデルを用いて衛星の観測方向のSIFへの変換を行った。本発表では、実装したSIF計算のモデル内の変数と生化学プロセスの関係、観測方向のSIFへの変換のための放射伝達モデルの適用方法について詳しく述べ、VISITで計算したSIFとGOSATが観測したSIFの比較結果も示す。

キーワード：太陽光励起クロロフィル蛍光、陸域生態系モデル、GOSAT、総一次生産 、炭素循環
Keywords: Solar-induced chlorophyll fluorescence, Terrestrial ecosystem model, GOSAT, GPP, Carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用
Automatic vegetation identification in the satellite image using a convolutional neural network

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3]
*Watanabe Shuntaro[1], Kazuaki Sumi[2], Takeshi Ise[1,3]

1. 京都大学・フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学・院・農、3. JST さきがけ
1. Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, 3. PRESTO, Japan Science and Technology Agency

画像に基づく生物種の自動同定技術は、種同定や分布把握に要する労力を削減することで、高い時空間解像度での分布や個体数のマッピングを実現させうる有望な技術になる期待されている。特に近年、画像の特徴抽出と分類を深層学習の枠組みの中で自動的に最適化する畳み込みニューラルネットワーク（CNN）の技術が画像分類などで大きな成果をあげており、生態学への応用も進みつつある。しかし、CNNは衛星画像中の植生識別にはまだあまり応用されていない。その原因として①衛星画像中の植物群落の形状の不安定性　②学習に必要となる大量の教師画像を取得の困難　の２点があげられる。筆者らはこの困難を克服するため、教師画像を細切れに分割し、小画像の単位で識別を行う方法（Ise et al., 2018）を考案した。

本研究ではこの手法を衛星画像に適用し、植物群落の識別を試みた事例を紹介する。最初に、竹林の特定を念頭においた２クラス分類モデルをCNNにより開発した。山口県山陽小野田市、京都府井手町、千葉県いすみ市周辺を対象地域とし、google earth から取得した1/500、1/1000、1/2500の３種類の縮尺の画像を56ピクセルの大きさに分割し、竹林とそれ以外のオブジェクトを識別した。識別後、混合行列を用いて正答率を判定した。縮尺は1/500、1/1000 の大きさでは9 割以上の正答率であったが、1/2500 では正答率が6割程度まで低下した。また、教師画像は同じ自治体内の竹林画像で作成した際は9 割以上の正答率であったが、他の自治体の竹林画像を教師画像とした際は識別率が7割程度まで低下した。これらのことからCNNはgoogle earth画像から竹林を高い精度で識別することが可能だが、その精度は画像の縮尺と教師画像の内容に大きく依存することが示唆された。

次に開発した識別モデルを複数の植生の識別を念頭においた多クラス分類モデル（竹林、広葉樹林、スギ・ヒノキ人工林を識別するモデル）に拡張した。
京都府井手町周辺の約50平方キロの範囲のgoogle earthの画像を元に、14層で構成されるCNNを用いて森林植生のタイプを識別するモデルを構築した。精度検証の結果、クラス分類モデルは、人工林は95%、広葉樹林は86%の精度で識別できたが、２クラス分類モデルでは約93%の精度で分類できていた竹林については83%まで精度が低下した。また、広葉樹と竹林の間で識別の間違えが頻繁に発生することも明らかになった。以上の結果は、CNNはおおむね正確に植生を識別できるが、その精度は分類クラス数が増加することによって悪化する可能性があることを示唆している。

キーワード：畳み込みニューラルネット、リモートセンシング、植生マッピング、グーグルアース
Keywords: Convolutional neural network, Remote sensing, Vegetation mapping, Google Earth imagery

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)、座長:藤井 賢彦、山田 誠

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

9:00 ~ 9:05

Introduction

9:05 ~ 9:20

[ACG40-01] 駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.産業技術総合研究所)

9:20 ~ 9:35

[ACG40-02] 小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3] (1.龍谷大学経済学部、2.福井県立大学海洋資源生物学部、3.福井県立大学)

9:35 ~ 9:50

[ACG40-03] 気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1] (1.福井県立大学)

9:50 ~ 10:05

[ACG40-04] Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.京都大学、3.京都大学生態学研究センター)

10:05 ~ 10:20

[ACG40-05] 固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3] (1.福井県立大学、2.東京大学大気海洋研究所、3.総合地球環境学研究所、4.福井県庁)

10:20 ~ 10:30

Discussion

駿河湾における富士山からの海底湧出地下水（VI）
Submarine groundwater discharge from Mt. Fuji in Suruga Bay(VI)

*村中 康秀[1]、神谷 貴文[1]、伏見 典晃[1]、岡 智也[1]、小野 昌彦[2]、丸井 敦尚[2]
*Yasuhide Muranaka[1], Takafumi Kamitani[1], Noriaki Fushimi[1], Tomoya Oka[1], Masahiko Ono[2], Atsunao Marui[2]

1. 静岡県環境衛生科学研究所、2. 産業技術総合研究所
1. Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

富士山周辺では、透水性に富む玄武岩質の新富士溶岩が主要な地下水の流路になっている。特に富士山南西麓では、富士川河口断層が南北方向に分布しており、この断層が駿河湾への地下水流動に大きな影響を与えている可能性がある。また、富士山にもたらされた降水が駿河湾で海底湧出地下水となって湧出し、沿岸海域の生物資源に影響を与えていると考えられる。

本研究では、駿河湾の豊かな沿岸生態系の解明への貢献を目指し、奥駿河湾において海底湧出地下水調査を実施した。断層がある富士川河口周辺から深さ100～200mに新富士溶岩が分布する富士川～田子の浦間の奥駿河湾において、これらの推定された場所を対象に、遠隔操作無人探査機（ROV）を使用して海底の状況を把握するとともに、海底湧出地下水を高い割合で含むサンプルを採取して水質分析を実施した。本発表ではこれらの取り組みについて紹介する。

キーワード：海底湧出地下水、富士山、遠隔操作無人探査機、採水法
Keywords: submarine groundwater discharge (SGD), Mt. Fuji, remotely operated vehicle (ROV), water sampling method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小浜湾海底下の淡水性地下水の分布と周辺陸域地形との関係
Relationship between the distribution of freshwater groundwater under the seabed at Obama Bay and the surrounding terrain of the land

*山田 誠[1]、杉本 亮[2]、中島 壽視[3]
*Makoto Yamada[1], Ryo Sugimoto[2], Toshimi Nakajima[3]

1. 龍谷大学経済学部、2. 福井県立大学海洋資源生物学部、3. 福井県立大学
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Fuculty of Marine Biosciences, Fukui Prefectural University, 3. Fukui Prefectural University

福井県小浜市に隣接する小浜湾では、これまでに、海底湧水の研究が精力的に行われており、小浜湾では海底湧水が湧出していることが明らかとなっている。しかし、海底湧水の賦存状況、つまり、海底下の淡水性地下水の分布状況については、まだ不明な点が多い。近年、海底下の水理構造を明らかにする目的で、曳航型の海底電気探査システムによる海底の地盤を対象とした電気探査が各地で行われている。海底下に淡水が存在すれば、その部分の比抵抗は周囲と比べ高くなる。電気探査で海底下の比抵抗分布を明らかにすることで、海底下の淡水の分布を見ることが出来る。本研究では、曳航型の電気探査システム（SuperSting: Advanced Geosciences, Inc.）を用いて、小浜湾の海底下の比抵抗分布を明らかにし、海底下の淡水性の地下水の分布状況を把握することを目的とする。加えて、その分布状況と周辺の陸域地形との関係性から、淡水性地下水の分布理由について考察する。

曳航調査を行った海底下の比抵抗値が示した範囲はおよそ0.1～6Ωｍであった。1Ωm以上の比較的高い値が見られた場所は、主に、扇状地の扇端部の沖合の陸に近い場所であった。調査地北部海域の扇端部から沖合方向に向かって観測した結果では、沖に向かって高比抵抗のエリアが伸びていた。しかし、さらに沖合では高比抵抗の場所は見られなかった。これらのことから、高比抵抗のエリアは汀線から沖に向かって500ｍ程度広がっており、淡水性の地下水が、海底下数十mの深さに存在している可能性が示唆された。

調査地南部海域の北川流域河口部では、汀線から1km離れた場所で高比抵抗部が見られ、淡水性地下水が存在している可能性が示唆された。海底地形図を見ると、北川河口部から沖に向かっては、海底の傾斜が緩やかで、北川からの堆積物に覆われている可能性が高い。高比抵抗が観測された場所はその部分に当たり、海底に堆積した扇状地堆積物中に淡水性の地下水が存在していることが推察された。つまり、陸域の地下を流れてきた地下水が、そのまま海底下の扇状地堆積物内を流れて、海底下に淡水性地下水を供給していると考えられる。

以上のことから、小浜湾における海底下の淡水性地下水の分布は、陸域の扇状地の地形に強く影響されており、扇状地堆積物の海底下での広がりが淡水性地下水の分布を決めている可能性が示唆された。

キーワード：海底湧水、扇状地、小浜湾
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, Alluvial fan, Obama Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気仙沼舞根湾における再循環性地下水が植物プランクトン動態に及ぼす影響

Influence of recirculated submarine groundwater discharge on phytoplankton dynamics in Moune Bay, Kesennuma

*中島 壽視[1]、楠 隆大[1]、高尾 祥丈[1]、杉本 亮[1]
*Toshimi Nakajima[1], Takahiro Kusunoki[1], Yoshitake Takao[1], Ryo Sugimoto[1]

1. 福井県立大学
1. Fukui Prefectural University

Riverine inputs are often considered as the main terrestrial source of dissolved inorganic nitrogen (DIN), phosphorus (DIP), and silicon (DSi) in coastal seas. However, the fluxes of nutrients through submarine groundwater discharge (SGD) often exceed riverine inputs in different local and regional scale settings. Although the combined effects of riverine and SGD-derived nutrient inputs are crucial for sustaining marine productivity, a difference of nutrient composition in each source may result in a different response of phytoplankton dynamics in coastal seas. In this study, we evaluated the influence of each nutrient source on phytoplankton dynamics in the head of Kesennuma Bay in June, September and November 2018. Using the short-lived radium and radon isotopes, we quantified the contribution rates of four nutrient sources (river water, fresh SGD, recirculated SGD and offshore waters) on surface waters. Simultaneously, we evaluated productivity, biomass, apparent growth rates and species composition of phytoplankton. In brief results, DIP-enriched recirculated SGD affect significant impacts on phytoplankton dynamics. In the presentation, we will discuss more detailed results.

キーワード：再循環性地下水、植物プランクトン、ラジウム同位体
Keywords: Recirculated submarine groundwater discharge, Phytoplankton, Radium isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of contribution rate of Submarine Groundwater Discharge to *Ulva pertusa* using nitrogen stable isotope ratio analysis

*石田 健大[1]、竹内 優[1]、中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、小林 志保[2]、木庭 啓介[3]、福島 慶太郎[3]、富永 修[1]
*Tatsuhiro Ishida[1], Masaru Takeuchi[1], Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Shiho Kobayashi[2], Keisuke Koba[3], Keitaro Fukushima[3], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 京都大学、3. 京都大学生態学研究センター
1. Fukui Prefectural University, 2. Kyoto University, 3. Center for Ecological Research,Kyoto Univrsity

In recent years, the influence of Submarine groundwater discharge (SGD) has attracted attention as a source of nutrient that supports biological production in the coastal area. However, the information about the direct influence of SGD on biological production is poor. In this study, in order to examine how much the groundwater contributes to primary production, we collected the primary producer *Ulva pertusa* in Yuza, Yamagata Prefecture, where the groundwater is abundant. On August 27, 2018, we collected sea water, ground water and ambient water around *Ulva* at five sites in the Yuza Coast and simultaneously measured salinity, water temperature, ^{222}Rn concentration which is the indicator of undergroundwater. We also analyzed the nutrient concentration, of sampled water and of *Ulva*. Finally, we estimated the contribution of groundwater to Ulva using two source Bayesian Mixing model. The value of nitrate nitrogen derived from SGD was low. In the high SGD sites (^{222}Rn concentration 427 ~ 22000 Bq/m^3) and the low SGD sites (^{222}Rn concentration 38.1 to 210.6 Bq/m^3), the of *Ulva* was 2.1 to 3.6 and 5.4 to 6.9, respectively. It was suggested that nutrient derived from SGD contributed to the production of *Ulva* in Yuza.

キーワード：海底地下水湧出、生物生産、δ15N
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, Biological production, δ15N

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

固着性二枚貝イワガキ貝殻の炭素・酸素安定同位体比を用いた海底湧水環境の評価

Evaluation of the environmental condition of Submarine Groundwater Discharge (SGD) using carbon and oxygen stable isotope ratio of the sessile bivalve *Crassostrea nippona* shell

*富永 修[1]、竹内 優[1]、杉本 亮[1]、石田 健大[1]、平井 タケル[1]、中島 壽視[1]、小路 淳[2]、本田 尚美[4]、谷口 真人[3]
*Osamu Tominaga[1], Takeuchi Masaru[1], Ryo Sugimoto[1], Ishida Tatsuhiro[1], Takeru Hirai[1], Toshimi Nakajima[1], Jun Shoji[2], Hisami Honda[4], Makoto Taniguchi[3]

1. 福井県立大学、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 総合地球環境学研究所、4. 福井県庁
1. Fukui Prefectural University, 2. Tokyo Univ. AORI, 3. RIHN, 4. Fukui Pref Gov

Submarine Groundwater Discharge (SGD) results in various biogeochemical changes in the coastal environments, such as coastal primary production, eutrophication, and benthic production. The SGD condition of 6 sites along volcanic mountain coast in northern Japan was evaluated by using carbon and oxygen stable isotope ratio (δ^{13}C and δ^{18}O) in the shell of sessile bivalves *Crassostrea nippona*. In order to estimate the proportion of fresh water flow rate in SGD (FR) from the respective δ^{13}C and δ^{18}O of *C. nippona* shell, we used the three end member (sea water, riverine water and fresh underground water) bayesian stable isotope mixing model. The significant positive correlation was found between δ^{13}C and δ^{18}O of the shell and those of ambient water, respectively. FRs estimated from three source model were 3.1 -8.6% at low ^{222}Rn sites and 21.9-28.5% at high ^{222}Rn sites. At the site (Nishihama) of river mouth, the δ^{13}C and δ^{18}O of the shell collected were low (estimated FR 10.6-25.0%) and ^{222}Rn concentration was also low. The contribution of DIC in SGD and riverine water for shell formation was estimated to be 19.8 % and 7.8%, respectively. In the present study, we demonstrated the effectiveness of δ^{13}C and δ^{18}O of *C. nippona* shell as the tool for estimating FR.

キーワード：海底湧水、炭素安定同位体比、酸素安定同位体比、イワガキ貝殻、ベイズミキシングモデル
Keywords: Submarine Groundwater Discharge, carbon stable isotope, oxygen stable isotope, rock oyster shell, bayesian stable isotope mixing model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 102 1F

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)、座長:藤井 賢彦、山田 誠

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

10:45 ~ 11:00

[ACG40-06] 化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3] (1.富山大学理工学教育部、2.富山大学理工学研究部、3.富山大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG40-07] マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院)

11:15 ~ 11:30

[ACG40-08] マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1] (1.東京大学 大気海洋研究所、2.国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3.フィリピン大学 海洋科学研究所、4.国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5.国立アクラン大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG40-09] ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益

*渡邉 敦[1] (1.笹川平和財団　海洋政策研究所)

11:45 ~ 12:05

[ACG40-10] 陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割

★招待講演

*和穎 朗太[1] (1.農研機構 農業環境変動研究センター)

12:05 ~ 12:15

Discussion

化学成分と同位体比からみる気候変化に伴う30年間の富山5大河川および海底湧水の栄養塩供給量の変化

Influence of climate change on river and submarine groundwater discharge for three decades and the change of nutrient fluxes from the land to the coastal area

*片境 紗希[1]、張 勁[2]、野嶋 航太[3]
*Saki KATAZAKAI[1], Jing ZHANG[2], Kota NOJIMA[3]

1. 富山大学理工学教育部、2. 富山大学理工学研究部、3. 富山大学
1. Graduate School of Science and Engineer, University of Toyama, 2. Graduate School of Science and Engineering for Science, University of Toyama, 3. University of Toyama

In Toyama prefecture, 10 billion tons of river and submarine groundwater discharge annually flows in to Toyama Bay containing nutrients (Hatta et al., 2005) . Urasawa et al. (2016) shows that 20-40% of nitrate originated on land contributes to the coastal ecosystems. So it is important to evaluate the state of nutrient transport of from the land to the coastal area. However, global warming has caused an increase in rainfall and a decrease in snowfall in Hokuriku area and it is possible that the states of water and material fluxes has changed over the past years. The aim of this study is to clarify the change of nutrient fluxes via river and submarine groundwater discharge into the coastal area, analyzing hydrogen and oxygen stable isotopes as well as chemical composition.
Results of my analysis, should be, data in my study show that the stable isotopes decreased due to increasing rainfall and decreasing snowfall for three decades. Nitrate and phosphate fluxes are shown to have dramatically decreased as forest and paddy field decreased and the water treatment facilities increased over the years.
These results suggest that nutrient fluxes from the land to coastal zone in this region may continue to decrease due to ongoing climate change and the impact of human activities.

キーワード：気候変化、栄養塩、河川水、海底湧水
Keywords: climate change, nutrients, river , submarine groundwater discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マングローブの分布形態に対する人為影響評価: フィジーRewaデルタとBaデルタの比較研究

The assessment of human impacts on the distribution patterns of mangroves: a comparative study between the Rewa and Ba delta, Fiji

*藤井 賢彦[1]、Sassen Jone[2]
*Masahiko Fujii[1], Jone Ravuci Sassen[2]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science

Mangrove ecosystems are among the most productive ecosystems on this planet. They are sources of livelihood to many people, the first walls of protection from storm waves, and nursery grounds for some marine organisms. Unfortunately, mangroves in Fiji are observed to have decreased over the years due to human (induced) activities. Moreover, apart from human impacts, there are several other natural impacts like tropical cyclones that may influence the distribution patterns of mangroves. The aims of this study are: (1) to elucidate changes of the distribution patterns of mangroves and the causes, and based on the results, and (2) to provide practical suggestions for sustainable use of mangroves and saving the ecosystems in Fiji.

To estimate changes in the area of mangroves, satellite imagery data from Landsat 7 and 8 were acquired and analyzed by using Geographic Information System (GIS) to produce land use classification maps for the Rewa delta (in 2002, 2005, 2016 and 2017) and Ba delta (in 2004, 2007, 2010 and 2017) in Fiji. A total of five land cover classes, i.e. mangrove, non-mangrove, urban, barren land, and water were used to classify the land cover. To elucidate causes of the changes in the area of mangroves, social survey was conducted in three villages of Kiuva, Muana I ra and Kinoya in the Rewa delta and three villages of Natutu, Nawaqarua and Votua of the Ba delta, respectively.

The trend in distribution patterns of mangroves was different between the study sites. In the Rewa delta, the area of mangroves has increased from 2002 to 2016 and decreased by 5 km² from 2016 to 2017. In Ba delta, on the other hand, the area decreased from 2004 to 2007, increased from 2007 to 2010, and again decreased from 2010 to 2017. The difference is considered to be caused by the difference in the dependency of people on mangrove ecosystems in the two sites, i.e. higher dependency on mangrove ecosystems for livelihood in the Ba delta with less access to urban centers than in the Rewa delta. Impacts of tropical cyclones and subsequent floods to mangrove ecosystems were also examined as possible climate change stressors, but the impacts were not found clearly in this study.

This study suggests that anthropogenic factors have continuously been major causes of mangrove degradation in Fiji. Mangrove protection in Fiji can be improved firstly by raising people’s awareness on the importance of mangroves to their lives. Secondly, amendment of current legislation might administer the protection of mangrove ecosystems by broadening its scope to monitor the domestic use as well as the commercial use of mangroves. Furthermore, mangrove areas are also required to be designated as “protected areas”, which can be an effective way to guard mangrove ecosystems from human impacts.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マングローブ二次林堆積物における有機炭素の残留と集積に対する地形的要因の効果

Landscape factors affect persistence and accumulation of organic carbon in sediment of secondary mangrove forests: A preliminary study

*宮島 利宏[1]、諏訪 錬平[2]、Bejasa Keith Limuel[3]、Rollon Rene[3]、San Diego-McGlone Maria Lourdes[3]、Jaraula Caroline[3]、Siringan Fernando[3]、小野 賢二[4]、Primavera Tirol Yasmin[5]、宮入 陽介[1]、横山 祐典[1]
*Toshihiro Miyajima[1], Rempei Suwa[2], Keith Limuel C. Bejasa[3], Rene N. Rollon[3], Maria Lourdes San Diego-McGlone[3], Caroline M.B. Jaraula[3], Fernando P. Siringan[3], Kenji Ono[4], Yasmin H. Primavera Tirol[5], Yosuke Miyairi[1], Yusuke Yokoyama[1]

1. 東京大学 大気海洋研究所、2. 国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター、3. フィリピン大学 海洋科学研究所、4. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所、5. 国立アクラン大学
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 3. Marine Science Institute, University of the Philippines, 4. Forestry and Forest Products Research Institute, 5. Aklan State University

マングローブは熱帯・亜熱帯の穏やかな堆積性の汽水域に成立する塩性広葉樹林である。卓越した炭素隔離機能を持ち、膨大な量の炭素を非生物態有機炭素として土壌中に保持していることから、マングローブの消長は温暖化ガスの動態と気候変動を考える上で重要な意味を持っている。年間１ヘクタールあたり１トンを超えると言われているその炭素隔離能力もさることながら、近年注目を集めているのは、マングローブが消失することによって大気中に放出されることになる二酸化炭素（CO_2）の量である。実際、マングローブは人類による薪炭利用や干拓・造成によって、全世界にもともと存在した生態系面積の優に半分以上が過去数百年間に失われており、今なお年間最大２パーセントのマングローブが失われつつあるという試算がある。マングローブ土壌中には表層部１メートルだけで１ヘクタールあたり平均700トンを超える有機炭素が貯蔵されている。仮に年間２パーセントのマングローブの消失後に表層土壌１メートル分の炭素がすべて微生物分解を受けて酸化されると仮定すると、それによるCO_2放出量は世界全体で最大年間60万トンにも及ぶという計算になる。しかしながら、マングローブが伐採されて養殖池や農地に転換された場合、実際に土壌に貯留されている炭素のどのくらいがCO_2として放出されるのか、またどのくらいの速度で放出されるのかは実はよく分かっていない。土壌有機炭素の一部は転換後も長期にわたって残留する可能性もあり、または潮汐や出水の作用で海洋に流出する場合もある。それぞれのプロセスの相対的重要性は転換後の土地利用形態や水文学的条件に依存していると考えられる。

私共はマングローブ消失後の土壌有機炭素の動態と、マングローブが再生する際の土壌炭素ストックの回復過程とを明らかにするために、フィリピンのパナイ島沿岸部において国際共同研究プロジェクトを開始している。パナイ島沿岸部では原生的なマングローブはほぼ完全に失われているが、伐採後に自然に回復した二次林、人為的に植林された再生マングローブ、もともと前浜であったところに新規に植林されたマングローブなど、多種多様な二次林が分布しているほか、放置されたまま塩性湿地に変わっている養殖池跡、マングローブから流出したと想定される土壌が沖合海底に堆積している場所等も存在し、比較研究のサイトとしてたいへん興味深い。本研究では最初の研究結果として、自然に回復した河口域デルタ型のマングローブと、閉鎖的な内湾に植林されたマングローブから得た土壌コア試料の貯留有機炭素の分析結果について紹介する。

今回調査したマングローブ二次林では、表層土壌１メートルの有機炭素貯留量は１ヘクタールあたり40トンから420トンと評価され、自然林マングローブの世界平均に比べるとかなり低いことが分かった。放射炭素年代測定を適用したところ、河口域下部の二次林では表層１メートルの土壌中有機炭素はほぼ現代のもので

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

あった。このことは、もともとの原生林にあった土壌有機炭素は伐採後にほぼ流失したか、分解されたことを示唆している。それに対して河口域上部の二次林では土壌有機炭素の年代は400年から1200年と評価されたことから、この場所では原生林の土壌有機炭素がかなり残留しているものと推定された。土壌粒子の単位表面積あたりの有機炭素負荷量は場所によって大きく異なり、物理条件が安定した場所ほど高くなる傾向があった。このことはマングローブのリターに由来するデトリタスが物理的に安定している土壌ほど高濃度に滞留しやすいことによると考えられる。単位粒子表面積あたりの有機炭素負荷量と炭素・窒素安定同位体比との関係から、マングローブ由来の有機物の炭素・窒素同位体比はそれぞれ-28‰と+0.5‰と評価された。海洋性有機物に由来すると思われるもう一方の端成分はそれぞれ-25‰と+3‰であり、土壌深度が深いほど存在比が減少する傾向が認められた。

このように、マングローブ二次林土壌における古くからの有機炭素の残留状況と新たな有機炭素の集積状況はともに、生息地の立地条件、特に水流動場の特性に強く規定されていることが示唆された。

キーワード：炭素隔離機能、マングローブ、植林
Keywords: carbon sequestration function, mangroves, reforestation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ブルーエコノミーの推進および沿岸地域社会のレジリエンス強化に資するブルーカーボン生態系からの多様な便益
Multiple benefits of blue carbon ecosystems in promoting blue economy and reinforcing resilience in coastal communities

*渡邉 敦[1]
*Atsushi Watanabe[1]

1. 笹川平和財団　海洋政策研究所
1. The ocean policy research institute, The Sasakawa peace foundation

海草藻場やマングローブ林といったブルーカーボン生態系は、適切に管理することで気候変動緩和に貢献することが期待され、国際的にも関心が高まっている。これらの生態系に密接に関係するサンゴ礁も含めて広義のブルーカーボン生態系（Blue Carbon Ecosystems以下BCEs）と定義すると、BCEsは沿岸地域社会にとって気候変動の影響を低減することや環境を調整すること等を通し、地域のレジリエンス強化に貢献すると考えられる。具体的にはをBCEsを活用した防災・減災（Eco-DRR）機能、養殖・漁業に適した環境の創出、持続可能な観光の提供、教育の場としての利用により、地域振興やレジリエンス強化に繋がる。沿岸地域に安心・安全で循環型な社会を実現することは、近年国際的に注目が高まっている持続可能なブルーエコノミーの目的の一つでもある。

本発表では、日本の岡山県備前市や沖縄県恩納村、太平洋島嶼国のパラオでのBCEsの活用に関する優良事例を紹介する。日本の事例では、地域の漁業者を主体に海草藻場やサンゴの再生を実施し、その結果カキやモズクの養殖業が安定したと言われている。また両地域とも地域内外の様々なステークホルダーと連携し、保全活動を継続している。パラオではサンゴ礁をはじめとする自然環境が観光客を呼び込んでいるが、この観光客から徴収する環境税の活用により保護区の保全活動等に取り組んでいる。こうしたBCEsへの保全等の取組に投資することが、どの程度地域社会の経済振興に結び付き得るかについて、本発表では紹介する予定である。

キーワード：ブルーエコノミー、ブルーカーボン、海草藻場、サンゴ礁
Keywords: Blue economy, Blue carbon, Seagrass beds, Coral reefs

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸と海における鉱物に囲まれた大量の有機炭素の謎と鉄の役割
Significant storage of organic carbon in mineral matrix in both land and ocean and the role of Fe

*和穎 朗太[1]
*Rota Wagai[1]

1. 農研機構 農業環境変動研究センター
1. NARO, Institute for Agro-Environmental Sciences

Land-ocean linkage is one of the least understood aspects in biogeochemistry and carbon (C) cycle, which presumably results from insufficient collaboration between land and ocean scientists as well as the inherent complexity of land-to-ocean processes. At a global scale, the largest C reservoir on land is soil (1500-2400 Pg C) in which major portions of C is stored as organic C (OC) in association with soil mineral particles. In ocean, sediment holds similar amounts of OC. Thus, OC stability and reactivity in soils and sediments have been a great concern as their strong impacts on global C cycle and climate change.

In this talk, I focus on the interaction of organic C with minerals (e.g., aluminosilicate clays, hydrous iron oxides) and discuss the similarity and difference in their interaction between soil and sediment based on my own studies and the literature. I also discuss mechanistic reasons why OC is stabilized in mineral matrix in both systems. An emphasis is given to iron-C interaction due to their high reactivity and ecological importance in both terrestrial and aquatic systems. For instance, OC cycle is linked to N and P cycling as many organic compounds contain N and P. Iron can control P cycle due to strong sorption of phosphate to Fe oxides.

I plan to end my talk by emphasizing that basic understanding of soil formation and biogeochemistry would greatly help when tackling C and nutrient-related questions in river and coastal water.

キーワード：鉄、有機物、土壌と堆積物、土壌炭素、炭素循環
Keywords: iron, organic matter, soil and sediment, soil carbon, carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

Submarine groundwater discharge and dissolved material fluxes quantified by radium isotopes in sandy beach, central Wakasa Bay

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1]
*Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Yuta Sumino[1], Makoto Taniguchi[2], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukui Prefectural University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is recognized as an important pathway for dissolved materials such as nutrients, carbon, alkalinity and trace metals from the land to the coastal sea. In the last decades, ^{222}Rn and Ra isotopes have been used as a proxy of groundwater discharge. In this study, we measured both SGD tracers (^{222}Rn, ^{223}Ra, ^{224}Ra, and ^{226}Ra) and nutrients, dissolved inorganic carbon (DIC), and total alkalinity (TAlk) of surface seawater and subterranean estuary in sandy beach of central Wakasa Bay to quantify the rate of groundwater discharge and associated material fluxes in May, July, and September 2018. Regardless of the sampling periods, ^{222}Rn, Ra isotopes, nutrients, DIC, and total alkalinity in subterranean estuary showed higher concentrations than in seawater. Activities of ^{222}Rn, ^{223}Ra, and ^{224}Ra in seawater decreased constantly from the tideline to offshore with little variation in salinity. This implies that recirculated saline groundwater seeps around the shoreline. Estimated SGD rates in May, July, and September by using the activities of ^{223}Ra and ^{224}Ra were 0.1 m^3 m^{-1} d^{-1}, 4.5 m^3 m^{-1} d^{-1}, 0.3 m^3 m^{-1} d^{-1} and 1.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 20.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 2.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, respectively. High SGD rates in July would be due to heavy rain before the sampling date. If we assume that groundwater discharge occurs along the tideline of the beach (length: 887 m), mean SGD rates were 809.1 m^3 d^{-1} in May, 11192.4 m^3 d^{-1} in July, and 1186.2 m^3 d^{-1} in September. Fluxes of nutrients (DIN, DIP, and DSi), DIC, and TAlk, derived SGD were calculated by multiplying mean SGD rates by its mean concentration in subterranean estuary. Although the nutrients fluxes from SGD were < 1% of those from the Kita River, DIC flux of SGD in May, July, and September corresponds to 6.5%, 94.7%, and 7.7% of the Kita River, respectively. These results mean that DIC transport through groundwater may be significant for carbonate system of Wakasa Bay.

キーワード：海底湧水、ラジウム同位体、溶存態物質、沿岸域
Keywords: Submarine groundwater discharge, Ra isotopes, dissolved materials, Coastal seas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

Influence of difference in river shape on heat supply to coastal area by hot spring drainage river

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2]
*Makoto Yamada[1], Taketoshi Mishima[2], Shinji Ohsawa[2]

1. 龍谷大学経済学部、2. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Sciences, Kyoto University

大分県別府市では、河川に温泉排水が流入し、河川生態系へ影響を与えていることが明らかとなっている。温泉排水の流入している河川の河口部では、温泉排水由来の熱の影響で、本来生息していない熱帯性の外来魚が多く生息しており、河川に生息する生物への熱的な影響が強いことがわかっている。しかし、すべての温泉排水が流入する河川で、河口部の生物に熱的な影響が見られるわけではなく、温泉排水が流入しているにも関わらず、その影響が少ない河川も存在する。別府市の河川は、火山性の扇状地を流下しており、河川の長さは比較的短いが、河川ごとに形状が異なる。また、河川によっては、コンクリート３面ばりのものもあり、川の状態も河川によって大きく異なる。別府では、温泉排水は主に、河川中流部で流入するため、河口域へ到達する間の河川状況の違いで、沿岸へ供給される熱の程度が異なってくることが予想される。そこで本研究では、沿岸部への温泉排水由来の熱の供給が、何よって影響を受けているのかを明らかにする目的で、温泉排水が顕著に流入している２つの河川（平田川・春木川）を比較した。

両河川とも、標高200m前後の地域で温泉排水が流入し、３km程度流下して河口部へ到達するが、河口部での水温は、年間を通じて春木川の方が５℃以上低い。また、一部で自然状態が維持されている春木川と比べて、平田川はほとんどすべての流程がコンクリートで覆われている。発表では、このような違いに加え、傾斜や直線性などの地形的な違い、流量の違いなどを俯瞰的に比較し、沿岸部へ供給される河川水の温度の違いが生じる理由について考察を行う。

キーワード：温泉排水、温泉熱、河川水温
Keywords: hot spring drainage, hot spring heat, river water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響
Construction of an artificial outlet channel affects organic carbon accumulation in a coastal lagoon

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1]
*Kenta Watanabe[1], Tomohiro Kuwae[1]

1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

Organic carbon (C_{org}) storage is one of the important functions of vegetated coastal ecosystems for mitigating the adverse effects of climate change. The artificial alteration of landforms by coastal constructions would impact on habitats, hydrological conditions, and sediment loads. However, how the coastal constructions change C_{org} accumulation in vegetated coastal ecosystems is poorly understood. In this study, the sediment profiles of geological and biogeochemical characteristics were measured in Komuke Lagoon, Hokkaido. Stable isotope ratios and ^{210}Pb profiles were used to investigate the origin of C_{org} and sediment age. We showed that C_{org} accumulation rates and the origin of accumulated C_{org} significantly changed after the construction of an artificial outlet channel. C_{org} accumulation was enhanced, the contribution of terrestrial-derived C_{org} decreased, and that of microalgae- and seagrass-derived C_{org} increased after the coastal construction at the site. These findings indicate that the construction of an artificial outlet channel alters the frequency of seawater exchange and affects habitat types and C_{org} accumulation.

キーワード：有機炭素貯留、海草藻場、塩性湿地、海岸工事、堆積年代推定
Keywords: organic carbon storage, seagrass meadows, saltmarshes, coastal construction, age-depth modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価
Evaluation of the influence of swans, *Cygnus cygnus* on the distribution of seagrass, *Zostera japonica*

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1]
*Yoshiyuki TANAKA[1], Fumiyuki SATO[1]

1. 八戸工業大学　工学部　生命環境科学科
1. Hachinohe Institute of Technology, Department of Life and Environmental Science

海草の分布や生物量は、様々な環境要因によって変化する。動物による捕食圧もその要因の一つである。青森県平内町小湊の浅所海岸に生育するコアマモは、毎年飛来するハクチョウ類の捕食圧の影響を受けていることが指摘されている。本研究では、浅所におけるコアマモの分布や生物量の季節変化を調査、ならびにハクチョウ類の糞も分析し、コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響を評価した。2018年７月、10月、11月、12月に測線調査を実施し、57定点のコアマモの有無を計測、一部の地点においては20ｃｍ＊20ｃｍの枠内のコアマモを採集、株数と生物量を記録した。分布を面的に見ることができるドローンを用いた空撮も実施した。2018年2月と3月にオオハクチョウの糞を採集し、糞内容物を目視で解析、炭素･窒素安定同位体比分析も行った。測線調査の結果、10月に比べ11月は分布地点が減少、12月にはほぼ消滅した。空撮でも激減が確認できた。株数は7月から10月にかけてやや減少、地下部重量はあまり変わらないのに対し、地上部重量はやや増加する傾向がみられた。10月から11月の株数、地上・地下部重量は大幅に減少した。2月の糞内容物として植物片や海藻片が、3月には籾殻が確認され、同位体比解析では2月と3月の間に食性の変化が確認できた。広範囲かつ急激なコアマモの分布地点・生物量の減少には、ハクチョウ類やその他の渡り鳥による捕食の影響が大きかったことが推察される。12月にはコアマモの生物量が極めて小さくなることから、12月以降、越冬中のハクチョウ類はコアマモ以外の餌に依存していると考えるのが妥当である。水田が雪で覆われる前後の12月や3月には、水田の落穂に依存していることが示唆された。

キーワード：海草、白鳥
Keywords: seagrass, swan, Cygnus cygnus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3]
*Masahiko Fujii[1], Takuto Yamaka[2], Shintaro Takao[3]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 国立極地研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science, 3. National Institute of Polar Research

As ocean acidification proceeds, it is concerned difficult for calcium carbonate and magnesium carbonate to be produced in the ocean, and calcifying organisms such as corals and shellfish having these skeletons and shells may be adversely affected. Moreover, the diurnal, seasonal and interannual fluctuation are all considered more prominent in coasts than in the open ocean, because of relatively larger amount of sea grass beds and more direct and significant terrestrial impacts. On the other hand, in the subarctic coastal region, it is difficult to maintain observation due to stormy weather in winter, which yields paucity of observational data. In this study, long-term continuous monitoring of physical and biogeochemical parameters was conducted in Oshoro Bay, Otaru City, Hokkaido. Our results show that the timing of increase and decrease of pH and dissolved oxygen almost coincided with each other, and the diurnal variation of pH was larger in spring and summer than in fall and winter. The diurnal variation of pH was 0.1 or more on average from May to August. The variation was 0.15 on average and 0.26 at the maximum, respectively, in August. That was 0.03 on average and 0.07 at the maximum, respectively, in November. Thus, the seasonal difference in the diurnal variation was clear, suggesting significant effects of the photosynthesis in the daytime and the respiration in the nighttime by primary producers. The results suggest relatively predominant biological effects with larger biomass and higher solar radiation in summer compared to those in winter. Results of the temporal variability of the ocean warming and acidification proxies obtained by applying the Regional Ocean Model System (ROMS) to the site will be introduced in the presentation.

キーワード：海洋酸性化、地球温暖化、亜寒帯、沿岸域、pH、炭酸カルシウム飽和度
Keywords: Ocean acidification, Ocean warming , subarctic, coast, pH, calcium saturation state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

Submarine groundwater discharge and dissolved material fluxes quantified by radium isotopes in sandy beach, central Wakasa Bay

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1]
*Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Yuta Sumino[1], Makoto Taniguchi[2], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukui Prefectural University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is recognized as an important pathway for dissolved materials such as nutrients, carbon, alkalinity and trace metals from the land to the coastal sea. In the last decades, ^{222}Rn and Ra isotopes have been used as a proxy of groundwater discharge. In this study, we measured both SGD tracers (^{222}Rn, ^{223}Ra, ^{224}Ra, and ^{226}Ra) and nutrients, dissolved inorganic carbon (DIC), and total alkalinity (TAlk) of surface seawater and subterranean estuary in sandy beach of central Wakasa Bay to quantify the rate of groundwater discharge and associated material fluxes in May, July, and September 2018. Regardless of the sampling periods, ^{222}Rn, Ra isotopes, nutrients, DIC, and total alkalinity in subterranean estuary showed higher concentrations than in seawater. Activities of ^{222}Rn, ^{223}Ra, and ^{224}Ra in seawater decreased constantly from the tideline to offshore with little variation in salinity. This implies that recirculated saline groundwater seeps around the shoreline. Estimated SGD rates in May, July, and September by using the activities of ^{223}Ra and ^{224}Ra were 0.1 m^3 m^{-1} d^{-1}, 4.5 m^3 m^{-1} d^{-1}, 0.3 m^3 m^{-1} d^{-1} and 1.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 20.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 2.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, respectively. High SGD rates in July would be due to heavy rain before the sampling date. If we assume that groundwater discharge occurs along the tideline of the beach (length: 887 m), mean SGD rates were 809.1 m^3 d^{-1} in May, 11192.4 m^3 d^{-1} in July, and 1186.2 m^3 d^{-1} in September. Fluxes of nutrients (DIN, DIP, and DSi), DIC, and TAlk, derived SGD were calculated by multiplying mean SGD rates by its mean concentration in subterranean estuary. Although the nutrients fluxes from SGD were < 1% of those from the Kita River, DIC flux of SGD in May, July, and September corresponds to 6.5%, 94.7%, and 7.7% of the Kita River, respectively. These results mean that DIC transport through groundwater may be significant for carbonate system of Wakasa Bay.

キーワード：海底湧水、ラジウム同位体、溶存態物質、沿岸域
Keywords: Submarine groundwater discharge, Ra isotopes, dissolved materials, Coastal seas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

Influence of difference in river shape on heat supply to coastal area by hot spring drainage river

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2]
*Makoto Yamada[1], Taketoshi Mishima[2], Shinji Ohsawa[2]

1. 龍谷大学経済学部、2. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Sciences, Kyoto University

大分県別府市では、河川に温泉排水が流入し、河川生態系へ影響を与えていることが明らかとなっている。温泉排水の流入している河川の河口部では、温泉排水由来の熱の影響で、本来生息していない熱帯性の外来魚が多く生息しており、河川に生息する生物への熱的な影響が強いことがわかっている。しかし、すべての温泉排水が流入する河川で、河口部の生物に熱的な影響が見られるわけではなく、温泉排水が流入しているにも関わらず、その影響が少ない河川も存在する。別府市の河川は、火山性の扇状地を流下しており、河川の長さは比較的短いが、河川ごとに形状が異なる。また、河川によっては、コンクリート３面ばりのものもあり、川の状態も河川によって大きく異なる。別府では、温泉排水は主に、河川中流部で流入するため、河口域へ到達する間の河川状況の違いで、沿岸へ供給される熱の程度が異なってくることが予想される。そこで本研究では、沿岸部への温泉排水由来の熱の供給が、何よって影響を受けているのかを明らかにする目的で、温泉排水が顕著に流入している２つの河川（平田川・春木川）を比較した。

両河川とも、標高200m前後の地域で温泉排水が流入し、３km程度流下して河口部へ到達するが、河口部での水温は、年間を通じて春木川の方が５℃以上低い。また、一部で自然状態が維持されている春木川と比べて、平田川はほとんどすべての流程がコンクリートで覆われている。発表では、このような違いに加え、傾斜や直線性などの地形的な違い、流量の違いなどを俯瞰的に比較し、沿岸部へ供給される河川水の温度の違いが生じる理由について考察を行う。

キーワード：温泉排水、温泉熱、河川水温
Keywords: hot spring drainage, hot spring heat, river water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響
Construction of an artificial outlet channel affects organic carbon accumulation in a coastal lagoon

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1]
*Kenta Watanabe[1], Tomohiro Kuwae[1]

1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

Organic carbon (C_{org}) storage is one of the important functions of vegetated coastal ecosystems for mitigating the adverse effects of climate change. The artificial alteration of landforms by coastal constructions would impact on habitats, hydrological conditions, and sediment loads. However, how the coastal constructions change C_{org} accumulation in vegetated coastal ecosystems is poorly understood. In this study, the sediment profiles of geological and biogeochemical characteristics were measured in Komuke Lagoon, Hokkaido. Stable isotope ratios and ^{210}Pb profiles were used to investigate the origin of C_{org} and sediment age. We showed that C_{org} accumulation rates and the origin of accumulated C_{org} significantly changed after the construction of an artificial outlet channel. C_{org} accumulation was enhanced, the contribution of terrestrial-derived C_{org} decreased, and that of microalgae- and seagrass-derived C_{org} increased after the coastal construction at the site. These findings indicate that the construction of an artificial outlet channel alters the frequency of seawater exchange and affects habitat types and C_{org} accumulation.

キーワード：有機炭素貯留、海草藻場、塩性湿地、海岸工事、堆積年代推定
Keywords: organic carbon storage, seagrass meadows, saltmarshes, coastal construction, age-depth modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価
Evaluation of the influence of swans, *Cygnus cygnus* on the distribution of seagrass, *Zostera japonica*

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1]
*Yoshiyuki TANAKA[1], Fumiyuki SATO[1]

1. 八戸工業大学　工学部　生命環境科学科
1. Hachinohe Institute of Technology, Department of Life and Environmental Science

海草の分布や生物量は、様々な環境要因によって変化する。動物による捕食圧もその要因の一つである。青森県平内町小湊の浅所海岸に生育するコアマモは、毎年飛来するハクチョウ類の捕食圧の影響を受けていることが指摘されている。本研究では、浅所におけるコアマモの分布や生物量の季節変化を調査、ならびにハクチョウ類の糞も分析し、コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響を評価した。2018年７月、10月、11月、12月に測線調査を実施し、57定点のコアマモの有無を計測、一部の地点においては20ｃｍ＊20ｃｍの枠内のコアマモを採集、株数と生物量を記録した。分布を面的に見ることができるドローンを用いた空撮も実施した。2018年2月と3月にオオハクチョウの糞を採集し、糞内容物を目視で解析、炭素･窒素安定同位体比分析も行った。測線調査の結果、10月に比べ11月は分布地点が減少、12月にはほぼ消滅した。空撮でも激減が確認できた。株数は7月から10月にかけてやや減少、地下部重量はあまり変わらないのに対し、地上部重量はやや増加する傾向がみられた。10月から11月の株数、地上・地下部重量は大幅に減少した。2月の糞内容物として植物片や海藻片が、3月には籾殻が確認され、同位体比解析では2月と3月の間に食性の変化が確認できた。広範囲かつ急激なコアマモの分布地点・生物量の減少には、ハクチョウ類やその他の渡り鳥による捕食の影響が大きかったことが推察される。12月にはコアマモの生物量が極めて小さくなることから、12月以降、越冬中のハクチョウ類はコアマモ以外の餌に依存していると考えるのが妥当である。水田が雪で覆われる前後の12月や3月には、水田の落穂に依存していることが示唆された。

キーワード：海草、白鳥
Keywords: seagrass, swan, Cygnus cygnus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3]
*Masahiko Fujii[1], Takuto Yamaka[2], Shintaro Takao[3]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 国立極地研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science, 3. National Institute of Polar Research

As ocean acidification proceeds, it is concerned difficult for calcium carbonate and magnesium carbonate to be produced in the ocean, and calcifying organisms such as corals and shellfish having these skeletons and shells may be adversely affected. Moreover, the diurnal, seasonal and interannual fluctuation are all considered more prominent in coasts than in the open ocean, because of relatively larger amount of sea grass beds and more direct and significant terrestrial impacts. On the other hand, in the subarctic coastal region, it is difficult to maintain observation due to stormy weather in winter, which yields paucity of observational data. In this study, long-term continuous monitoring of physical and biogeochemical parameters was conducted in Oshoro Bay, Otaru City, Hokkaido. Our results show that the timing of increase and decrease of pH and dissolved oxygen almost coincided with each other, and the diurnal variation of pH was larger in spring and summer than in fall and winter. The diurnal variation of pH was 0.1 or more on average from May to August. The variation was 0.15 on average and 0.26 at the maximum, respectively, in August. That was 0.03 on average and 0.07 at the maximum, respectively, in November. Thus, the seasonal difference in the diurnal variation was clear, suggesting significant effects of the photosynthesis in the daytime and the respiration in the nighttime by primary producers. The results suggest relatively predominant biological effects with larger biomass and higher solar radiation in summer compared to those in winter. Results of the temporal variability of the ocean warming and acidification proxies obtained by applying the Regional Ocean Model System (ROMS) to the site will be introduced in the presentation.

キーワード：海洋酸性化、地球温暖化、亜寒帯、沿岸域、pH、炭酸カルシウム飽和度
Keywords: Ocean acidification, Ocean warming , subarctic, coast, pH, calcium saturation state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験
In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2]
*Narihiro Orikasa[1], Masataka Murakami[2,1], Takuya Tajiri[1], Yuji Zaizen[1], Taro Shinoda[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Nagoya Univ., ISEE

Our field campaign of aircraft observations had successfully been conducted over the UAE regions, as well as ferries between UAE and Japan, in the summer of 2017. This campaign has mainly two objectives. First, in situ measurements contribute to investigation on microphysical processes in seeded and unseeded clouds as well as elucidation of the mechanism responsible for precipitation augmentation. Secondly, the field observation data is useful to validate numerical simulations of cloud and precipitation and to improve the accuracy and reliability of numerical models.

We had deployed two aircraft whose base was Al Ain International Airport, as well as one ground-based observation site next to the aircraft hangar. One aircraft for in situ measurements was B200T operated by Diamond Air Service Inc., and the other for cloud seeding was C-90 operated by UAE National Center of Meteorology (NCM). We performed 14 research flights (~30 hours in total) from Sep. 5 to Sep. 24. Thirteen of the B200T flights were coordinated with the C-90 flights. As shown in Fig. 1, the B200T installed meteorological instruments, hot-wire water content probes, cloud microphysical probes for in situ measurements, aerosol size distribution instruments, sampling mesh device for electron microscopic analysis, cloud condensation nuclei (CCN) counter, and ice nucleating particle (INP) counter. The C-90 dispersed two types of seeding materials through burn-in-place flare racks: $CaCl_2$ hygroscopic (HYG) and silver iodide (AgI) flares.

As one of the flight patterns, seeding plumes generated from the C-90 were sampled and measured with the instrumented B200T which followed the C-90. We collected excellent data for background (BG) aerosols and seeding plume particles generated by HYG flares, AgI flares, or simultaneously generated by the both types of flares.

In order to investigate cloud seeding effects, the B200T measured the evolution of aerosols and cloud particles from cloud base to upper levels before and after the C-90's flare seeding. Based on the same strategy and method as in previous studies on Japanese field campaigns, the flight data quality check and data analysis have been processed, and results of initial cloud droplet size distributions in terms of the seeding signatures are shown from several cases. In general, it was difficult to find clear seeding signatures in any cases.

Except for the seeding experiments, several flights provided us in situ measurements of natural clouds. We sometimes encountered relatively developed clouds whose top temperature was warmer than -10 C, and most of such clouds had ice crystals and graupels. Those basic data will be useful to fully understand the mechanism of ice formation over the UAE regions and to verify the numerical simulations of cloud and precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In order to conduct an effective and efficient cloud seeding experiment, it is essential to know the physico-chemical properties of BG aerosols in the atmosphere and to observe their spatial and temporal distributions before the experiment. The vertical profiles of aerosol number concentrations (corrected for STP conditions) showed rather constant below cloud base height. The IN and CCN abilities of BG aerosols are also essential information to accurately simulate cloud formation and precipitation development. The analysis of number concentrations of INP and CCN is shown from a few cases. The INP concentrations were typically ranged on the order of 1 to 10 L^{-1} and there were no significant height dependency. The CCN concentrations were typically several hundreds cm^{-3}_stp and generally depended on the space and time.

キーワード：エアロゾル・雲相互作用、雲核・氷晶核、雲シーディング、吸湿性粒子
Keywords: Aerosol-Cloud Interactions, Cloud Condensation Nuclei/Ice Nucleating Particles, Cloud Seeding, Hygroscopic Particles

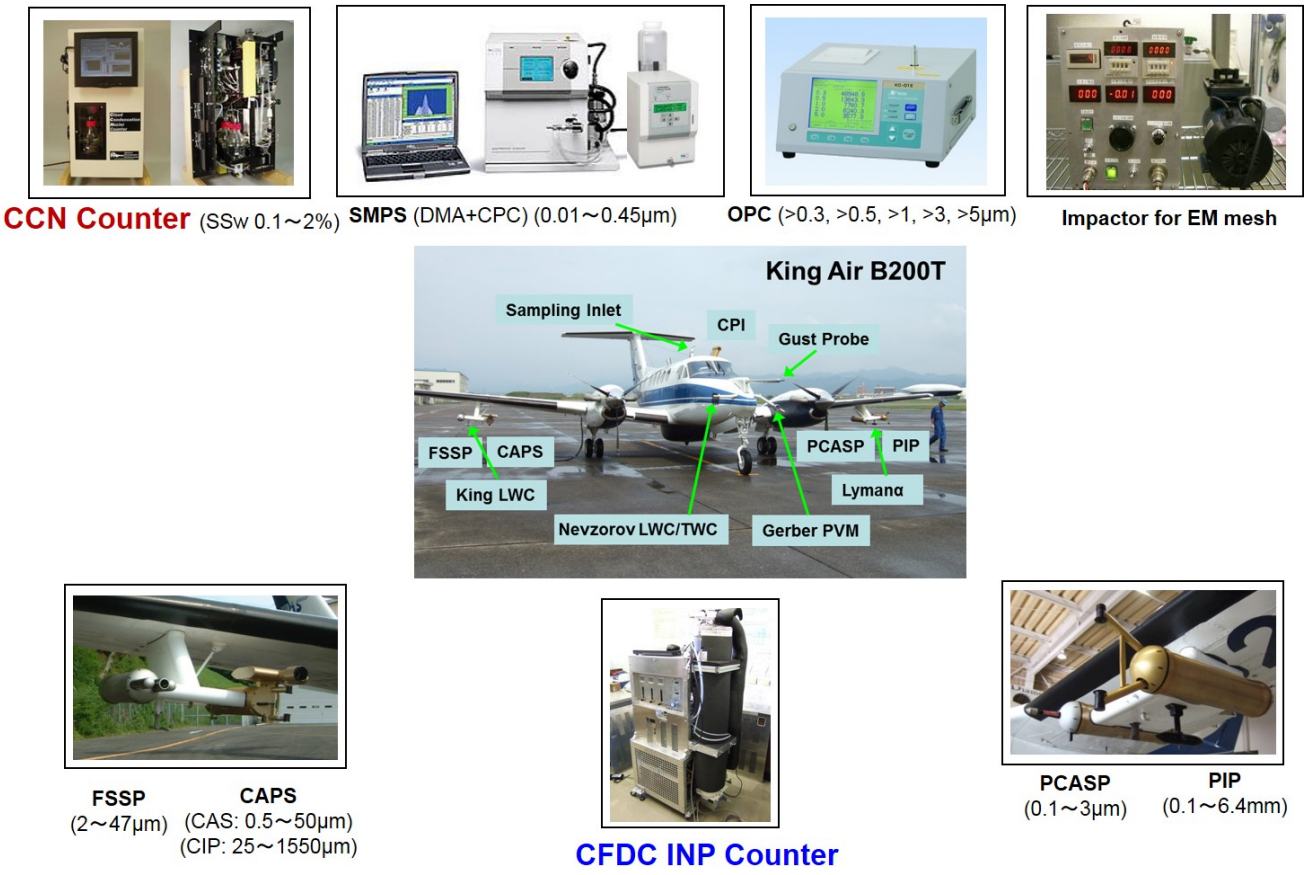


Fig. 1 Aircraft instrumentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5]
*Kosuke Ito[1], Hiroyuki Yamada[1], Munehiko Yamaguchi[2], Tetsuo Nakazawa[2], Norio Nagahama[3], Kensaku Shimizu[3], Tadayasu Ohigashi[4], Taro Shinoda[5], Kazuhisa Tsuboki[5]

1. 琉球大学、2. 気象研究所、3. 明星電気、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学
1. University of the Ryukyus, 2. Meteorological Research Institute, 3. Meisei Electric Co. LTD., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nagoya University

The inner core of Tropical Cyclone Lan was observed on 21–22 October 2017 by GPS dropsondes during the first aircraft missions of the Tropical Cyclones-Pacific Asian Research Campaign for the Improvement of Intensity Estimations/Forecasts (T-PARCII). To evaluate the impact of dropsondes on forecast skill, 12 36-h forecasts were conducted using a Japan Meteorological Agency non-hydrostatic model (JMA-NHM) with a JMANHM-based mesoscale four-dimensional data assimilation (DA) system. Track forecast skill improved over all forecast times with the assimilation of the dropsonde data. The improvement rate was 8–16% for 27–36-h forecasts. Minimum sea level pressure (Pmin) forecasts were generally degenerated (improved) for relatively short-term (long-term) forecasts by adding the dropsonde data, and maximum wind speed (Vmax) forecasts were degenerated. Some of the changes in the track and Vmax forecasts were statistically significant at the 95% confidence level. It is notable that the dropsonde-derived estimate of Pmin was closer to the realtime analysis by the Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo than the RSMC Tokyo best track analysis. The degeneration in intensity forecast skill due to uncertainties in the best track data is discussed.

キーワード：tropical cyclone、data assimilation
Keywords: tropical cyclone, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風Tramiの0℃高度の空間分布について
On the Spatial Distribution of Freezing height of Typhoon Trami

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1]
*Nobuhiro Takahashi[1], Yuki Kaneko[2], Kazuhisa Tsuboki[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

2018年9月に発生した台風Tramiに対しては、航空機からのドロップゾンデの観測が行われ、台風の目における気温分布が計測された。一方で全球降水観測計画（GPM）主衛星はTrami上を複数回観測し、うち2回は目を捉えていた。特に、ドロップゾンデの観測が行われた9月27日にはドロップゾンデ観測の数時間後にGPM搭載の2周波降水レーダ（DPR）による観測がなされた。DPRは降水システムの鉛直構造を観測できることから、所謂ブライトバンドとして現れる融解層から０℃高度を主に層状性降水域において推定できるほか、2周波観測の差から降雪と降雨を分離する試みがなされており、対流性降雨においても相変化の高度に関する情報が得られる。本報告では、台風Tramiに対してドロップゾンデ観測とDPR観測からの0℃高度についての情報を合成することにより台風の目とその周辺の温度構造を推定する。DPRのブライトバンドの観測では、スパイラルバンドに沿って0℃高度が4500 mから5400 mまで上昇している。特に南側ではインナーコアの周囲で500m 程度急激に上昇していた。インナーコア付近は対流性の降水システムであり、2周波比の大きい領域が6 km程度まで上昇している。一方、ドロップゾンデの観測からは目の中では0℃高度は6500 m程度まで上昇していた。

キーワード：台風、衛星搭載レーダ、0℃高度
Keywords: Typhoon, Spaceborne radar, Freezing height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

Revision of Research Plan on “Promotion of Climate and Earth System Science Research by Aircraft Observation”

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2]
*Nobuhiro Takahashi[1], Makoto Koike[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. School of Science, The University of Tokyo

気象学会は地球惑星科学の広い分野の研究者とともに、日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープラン 2014 と2017において、地球観測専用の航空機を導入して気候・地球システム科学研究を推進するという提案を行ったが、 残念ながら重点計画には採用されなかった。マスタープラン2020においては、地球惑星科学分野の学会・研究者との連携を深めサイエンスを強化するとともに、日本航空宇宙学会との連携により地球観測への無人機利用などの工学分野との融合を進め、さらに防災・減災分野の学会との連携を進めた提案をすることとなった。本計画書は、このようにして立案された「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画」について広く周知し、重点課題への採択、予算化、そして観測・研究の実施により世界的な成果を実現するために、2015年に制定された計画書を改訂したものである。

地球温暖化を含む地球環境の変動が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつある。しかし環境変動に重要な役割を果たす温室効果気体や雲・エアロゾルの挙動の解明や台風・集中豪雨の予測研究などに必要な、航空機からの直接観測が世界的に不足している。特に日本には地球観測専用の航空機が存在しないため、個々の研究においては民間航空機をレンタルした観測により成果を得つつも、気候・地球システム科学研究に不可欠な体系的な航空機観測がアジアでは実施されてこなかった。

本研究の目的は、わが国初となる地球観測専用の航空機を導入し、気候・地球システム研究を飛躍的に推進することである。航空機観測は、従来の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段である。航空機観測は、1 nmから100 mの（ミクロ）スケールの観測により、地球システム（マクロスケール）の振る舞いの理解を実現するパラダイムシフトを、地球科学にもたらすことが期待されている。本研究では航空機観測を軸として、大気、海洋、陸上植生、雪氷、そして固体地球の諸分野を横断する統合地球科学の枠組みの確立を目指す。これを実現するために、航空機を幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる、共同利用・共同研究拠点制度に基づく研究者主体の運用体制を確立する。長期的な運用（10年間）により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施することで、革新的な成果をあげるとともに人材育成を実現する。そして本研究で得られた科学的知見により、我が国や世界の国々への社会貢献、特にSDGsやフューチャーアースへの貢献を目指していきたい。

キーワード：航空機観測
Keywords: Aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験
In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2]
*Narihiro Orikasa[1], Masataka Murakami[2,1], Takuya Tajiri[1], Yuji Zaizen[1], Taro Shinoda[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Nagoya Univ., ISEE

Our field campaign of aircraft observations had successfully been conducted over the UAE regions, as well as ferries between UAE and Japan, in the summer of 2017. This campaign has mainly two objectives. First, in situ measurements contribute to investigation on microphysical processes in seeded and unseeded clouds as well as elucidation of the mechanism responsible for precipitation augmentation. Secondly, the field observation data is useful to validate numerical simulations of cloud and precipitation and to improve the accuracy and reliability of numerical models.

We had deployed two aircraft whose base was Al Ain International Airport, as well as one ground-based observation site next to the aircraft hangar. One aircraft for in situ measurements was B200T operated by Diamond Air Service Inc., and the other for cloud seeding was C-90 operated by UAE National Center of Meteorology (NCM). We performed 14 research flights (~30 hours in total) from Sep. 5 to Sep. 24. Thirteen of the B200T flights were coordinated with the C-90 flights. As shown in Fig. 1, the B200T installed meteorological instruments, hot-wire water content probes, cloud microphysical probes for in situ measurements, aerosol size distribution instruments, sampling mesh device for electron microscopic analysis, cloud condensation nuclei (CCN) counter, and ice nucleating particle (INP) counter. The C-90 dispersed two types of seeding materials through burn-in-place flare racks: $CaCl_2$ hygroscopic (HYG) and silver iodide (AgI) flares.

As one of the flight patterns, seeding plumes generated from the C-90 were sampled and measured with the instrumented B200T which followed the C-90. We collected excellent data for background (BG) aerosols and seeding plume particles generated by HYG flares, AgI flares, or simultaneously generated by the both types of flares.

In order to investigate cloud seeding effects, the B200T measured the evolution of aerosols and cloud particles from cloud base to upper levels before and after the C-90's flare seeding. Based on the same strategy and method as in previous studies on Japanese field campaigns, the flight data quality check and data analysis have been processed, and results of initial cloud droplet size distributions in terms of the seeding signatures are shown from several cases. In general, it was difficult to find clear seeding signatures in any cases.

Except for the seeding experiments, several flights provided us in situ measurements of natural clouds. We sometimes encountered relatively developed clouds whose top temperature was warmer than -10 C, and most of such clouds had ice crystals and graupels. Those basic data will be useful to fully understand the mechanism of ice formation over the UAE regions and to verify the numerical simulations of cloud and precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In order to conduct an effective and efficient cloud seeding experiment, it is essential to know the physico-chemical properties of BG aerosols in the atmosphere and to observe their spatial and temporal distributions before the experiment. The vertical profiles of aerosol number concentrations (corrected for STP conditions) showed rather constant below cloud base height. The IN and CCN abilities of BG aerosols are also essential information to accurately simulate cloud formation and precipitation development. The analysis of number concentrations of INP and CCN is shown from a few cases. The INP concentrations were typically ranged on the order of 1 to 10 L^{-1} and there were no significant height dependency. The CCN concentrations were typically several hundreds cm^{-3}_stp and generally depended on the space and time.

キーワード：エアロゾル・雲相互作用、雲核・氷晶核、雲シーディング、吸湿性粒子
Keywords: Aerosol-Cloud Interactions, Cloud Condensation Nuclei/Ice Nucleating Particles, Cloud Seeding, Hygroscopic Particles

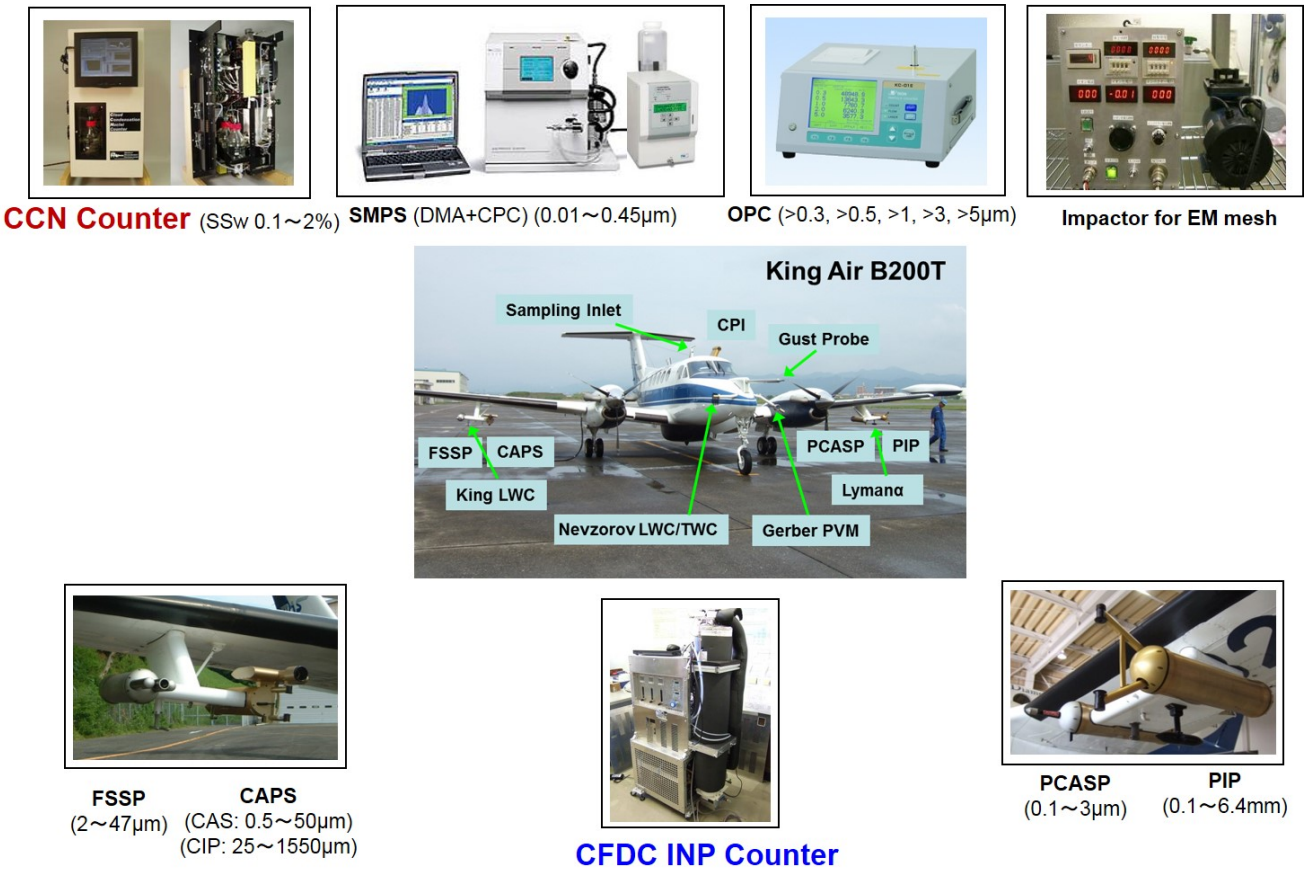


Fig. 1 Aircraft instrumentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5]
*Kosuke Ito[1], Hiroyuki Yamada[1], Munehiko Yamaguchi[2], Tetsuo Nakazawa[2], Norio Nagahama[3], Kensaku Shimizu[3], Tadayasu Ohigashi[4], Taro Shinoda[5], Kazuhisa Tsuboki[5]

1. 琉球大学、2. 気象研究所、3. 明星電気、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学
1. University of the Ryukyus, 2. Meteorological Research Institute, 3. Meisei Electric Co. LTD., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nagoya University

The inner core of Tropical Cyclone Lan was observed on 21–22 October 2017 by GPS dropsondes during the first aircraft missions of the Tropical Cyclones-Pacific Asian Research Campaign for the Improvement of Intensity Estimations/Forecasts (T-PARCII). To evaluate the impact of dropsondes on forecast skill, 12 36-h forecasts were conducted using a Japan Meteorological Agency non-hydrostatic model (JMA-NHM) with a JMANHM-based mesoscale four-dimensional data assimilation (DA) system. Track forecast skill improved over all forecast times with the assimilation of the dropsonde data. The improvement rate was 8–16% for 27–36-h forecasts. Minimum sea level pressure (Pmin) forecasts were generally degenerated (improved) for relatively short-term (long-term) forecasts by adding the dropsonde data, and maximum wind speed (Vmax) forecasts were degenerated. Some of the changes in the track and Vmax forecasts were statistically significant at the 95% confidence level. It is notable that the dropsonde-derived estimate of Pmin was closer to the realtime analysis by the Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo than the RSMC Tokyo best track analysis. The degeneration in intensity forecast skill due to uncertainties in the best track data is discussed.

キーワード：tropical cyclone、data assimilation
Keywords: tropical cyclone, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風Tramiの0℃高度の空間分布について
On the Spatial Distribution of Freezing height of Typhoon Trami

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1]
*Nobuhiro Takahashi[1], Yuki Kaneko[2], Kazuhisa Tsuboki[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

2018年9月に発生した台風Tramiに対しては、航空機からのドロップゾンデの観測が行われ、台風の目における気温分布が計測された。一方で全球降水観測計画（GPM）主衛星はTrami上を複数回観測し、うち2回は目を捉えていた。特に、ドロップゾンデの観測が行われた9月27日にはドロップゾンデ観測の数時間後にGPM搭載の2周波降水レーダ（DPR）による観測がなされた。DPRは降水システムの鉛直構造を観測できることから、所謂ブライトバンドとして現れる融解層から０℃高度を主に層状性降水域において推定できるほか、2周波観測の差から降雪と降雨を分離する試みがなされており、対流性降雨においても相変化の高度に関する情報が得られる。本報告では、台風Tramiに対してドロップゾンデ観測とDPR観測からの0℃高度についての情報を合成することにより台風の目とその周辺の温度構造を推定する。DPRのブライトバンドの観測では、スパイラルバンドに沿って0℃高度が4500 mから5400 mまで上昇している。特に南側ではインナーコアの周囲で500m 程度急激に上昇していた。インナーコア付近は対流性の降水システムであり、2周波比の大きい領域が6 km程度まで上昇している。一方、ドロップゾンデの観測からは目の中では0℃高度は6500 m程度まで上昇していた。

キーワード：台風、衛星搭載レーダ、0℃高度
Keywords: Typhoon, Spaceborne radar, Freezing height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

Revision of Research Plan on “Promotion of Climate and Earth System Science Research by Aircraft Observation”

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2]
*Nobuhiro Takahashi[1], Makoto Koike[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. School of Science, The University of Tokyo

気象学会は地球惑星科学の広い分野の研究者とともに、日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープラン 2014 と2017において、地球観測専用の航空機を導入して気候・地球システム科学研究を推進するという提案を行ったが、 残念ながら重点計画には採用されなかった。マスタープラン2020においては、地球惑星科学分野の学会・研究者との連携を深めサイエンスを強化するとともに、日本航空宇宙学会との連携により地球観測への無人機利用などの工学分野との融合を進め、さらに防災・減災分野の学会との連携を進めた提案をすることとなった。本計画書は、このようにして立案された「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画」について広く周知し、重点課題への採択、予算化、そして観測・研究の実施により世界的な成果を実現するために、2015年に制定された計画書を改訂したものである。

地球温暖化を含む地球環境の変動が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつある。しかし環境変動に重要な役割を果たす温室効果気体や雲・エアロゾルの挙動の解明や台風・集中豪雨の予測研究などに必要な、航空機からの直接観測が世界的に不足している。特に日本には地球観測専用の航空機が存在しないため、個々の研究においては民間航空機をレンタルした観測により成果を得つつも、気候・地球システム科学研究に不可欠な体系的な航空機観測がアジアでは実施されてこなかった。

本研究の目的は、わが国初となる地球観測専用の航空機を導入し、気候・地球システム研究を飛躍的に推進することである。航空機観測は、従来の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段である。航空機観測は、1 nmから100 mの（ミクロ）スケールの観測により、地球システム（マクロスケール）の振る舞いの理解を実現するパラダイムシフトを、地球科学にもたらすことが期待されている。本研究では航空機観測を軸として、大気、海洋、陸上植生、雪氷、そして固体地球の諸分野を横断する統合地球科学の枠組みの確立を目指す。これを実現するために、航空機を幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる、共同利用・共同研究拠点制度に基づく研究者主体の運用体制を確立する。長期的な運用（10年間）により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施することで、革新的な成果をあげるとともに人材育成を実現する。そして本研究で得られた科学的知見により、我が国や世界の国々への社会貢献、特にSDGsやフューチャーアースへの貢献を目指していきたい。

キーワード：航空機観測
Keywords: Aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 201B 2F

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:高橋 暢宏(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

15:30 ~ 15:45

[ACG41-01] ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.琉球大学理学部、3.北海道大学大学院理学研究院 、4.防災科学技術研究所、5.気象研究所、6.明星電気株式会社)

15:45 ~ 16:00

[ACG41-02] New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6] (1.琉球大学、2.名古屋大学、3.北海道大学、4.明星電気、5.防災科学技術研究所、6.気象庁気象研究所)

16:00 ~ 16:15

[ACG41-03] T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6] (1.気象庁気象研究所、2.琉球大学理学部、3.防災科学技術研究所、4.明星電気株式会社、5.北海道大学大学院理学院、6.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

16:15 ~ 16:30

[ACG41-04] 航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1] (1.東京大学、2.名古屋大学、3.国立極地研究所、4.気象庁気象研究所、5.首都大学東京、6.茨城大学、7.東京理科大学)

16:30 ~ 16:45

[ACG41-05] ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1] (1.福岡大学、2.極地研究所、3.kktイノベート、4.日本タングステン)

16:45 ~ 17:00

[ACG41-06] 小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　ー風力三角形測風とホドグラフ測風ー

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3] (1.福岡大学理学部、2.日本タングステン、3.スカイリモート、4.福岡大学　FIT-EH)

ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測
In situ observation of typhoon central pressure using dropsondes

*坪木 和久[1]、山田 広幸[2]、高橋 幸弘[3]、篠田 太郎[1]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、久保田 尚之[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、加藤 雅也[1]、金田 幸恵[1]、吉岡 真由美[1]、高橋 暢宏[1]
*Kazuhisa Tsuboki[1], Hiroyuki Yamada[2], Yukihiro Takahashi[3], Taro Shinoda[1], Tadayasu Ohigashi[4], Munehiko Yamaguchi[5], Hisayuki Kubota[3], Tetsuo Nakazawa[5], Norio Nagahama[6], Kensaku Shimizu[6], Masaya Kato[1], Sachie Kanada[1], Mayumi Yoshioka[1], Nobuhiro Takahashi[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 琉球大学理学部、3. 北海道大学大学院理学研究院 、4. 防災科学技術研究所、5. 気象研究所、6. 明星電気株式会社
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. University of the Ryukyus, 3. Hokkaido University, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 6. Meisei Electric Co. Ltd.

After the US aircraft reconnaissance in the western North Pacific was terminated in 1987, typhoon intensity is estimated by the Dvorak technique using satellite cloud pattern. Consequently, uncertainty of intensity estimation became large for very intense typhoons. Accurate intensity estimations are essential for prevention and mitigation of typhoon disaster. They are also important information for a study of long-term change of typhoon with the climate change. To improve this problem, the T-PARCII (Tropical cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts) project performs an in situ observation of typhoons. In this project, Nagoya University and Meisei Electric Co., Ltd developed a new dropsonde and a four-channel dropsonde receiver. Using these systems on a jet aircraft, the T-PARCII project performed aircraft observations of very intense typhoons in 2017 and 2018. Typhoon Lan (2017) was the most intense typhoon in 2017 and was categorized as a supertyphoon by JTWC. It moved northeastward in the east of the Okinawa main island at 23 N on 21 October and at 28 N on October 22, 2017. In these two days, we made dropsonde observations inside of the eye and in the surrounding area of the eyewall. The T-PARCII team also made aircraft observations of Typhoon Trami (2018) during the period from 25 to 28 September 2018 in collaboration with the SATREPS ULAT group as well as Taiwan DOTSTAR. The observed dropsonde data were transmitted to GTS (Global Telecommunication System) in real time and were used for typhoon forecasts in 2018.

Because the height of dropsonde is derived from GPS, error of height data becomes large just before the dropsonde reaches to the sea surface. As a result, the sea level pressure is uncertain. Typhoon intensity is represented by the central sea level pressure. Accurate estimation of sea level pressure is necessary for a typhoon intensity information. We, therefore, developed two schemes to estimate the sea level pressure from dropsonde data. Temperature, humidity and pressure are measured by sensors of dropsonde. We assume that the accuracy of these data is sufficiently high and height is also accurate above ~500 m in height. In the scheme I, the sea level pressure is calculated by a pressure correction method from 50~100 observed points in 900~750 hPa. The final result is the average of these calculated sea level pressure values. In the scheme II, heights of observed pressure levels below 800 hPa are calculated by the hydrostatic equation using virtual temperature. The sea level pressure is corrected from the lowest grid point.

These schemes were examined by special observations around Minami-Daitojima comparing dropsonde observations with balloon sonde observations launched from Minami-Daitojima Island as well as the JMA surface observation. The maximum difference of sea level pressure is less than 3 hPa. The central sea level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

pressures of typhoons Lan and Trami were calculated by the schemes I and II. The results by these two schemes agreed well each other. We consider that the sea level pressures were estimated with a sufficient accuracy. They were compared with the JMA best track data. The difference of central pressure of typhoon Trami was about 5 hPa on September 25 when the typhoon was most intense. It was about 10 hPa on September 28 when the typhoon was weakened in the south of the Okinawa main island.

キーワード：台風、ドロップゾンデ、中心気圧
Keywords: typhoon, dropsonde, central pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New observation strategies for typhoon intensity over the western North Pacific

*山田 広幸[1]、坪木 和久[2]、篠田 太郎[2]、久保田 尚之[3]、高橋 幸弘[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、大東 忠保[5]、伊藤 耕介[1]、山口 宗彦[6]、中澤 哲夫[6]
*Hiroyuki Yamada[1], Kazuhisa Tsuboki[2], Taro Shinoda[2], Hisayuki Kubota[3], Yukihiro Takahashi[3], Norio Nagahama[4], Kensaku Shimizu[4], Tadayasu Ohigashi[5], Kosuke Ito[1], Munehiko Yamaguchi[6], Tetsuo Nakazawa[6]

1. 琉球大学、2. 名古屋大学、3. 北海道大学、4. 明星電気、5. 防災科学技術研究所、6. 気象庁気象研究所
1. University of the Ryukyus, 2. Nagoya University, 3. Hokkaido University, 4. Meisei Electric, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 6. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Recent activities on typhoon intensity observation/estimation using aircraft reconnaissance and ground-based Doppler radars in the western North Pacific are introduced. Since aircraft reconnaissance by the US military was ceased in 1987, new techniques of intensity estimation using microwave radiometer and a geostationary satellite are used in this basin without enough verification. The major obstacle of aircraft reconnaissance is the difficulty of having a specially-designed propeller aircraft that withstands strong turbulence. Since wind speed in a typhoon is stronger in the lower troposphere, it takes a great deal of labor and expense to measure the center position and the central pressure of a typhoon through low-altitude flight with slow speed. On the other hand, since the winds become weaker in the upper troposphere, it is possible to fly into the typhoon center if the risks of heavy icing and severe turbulence in a convective burst can be avoided by using an airborne weather radar. During T-PARCII (Tropical Cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity Estimations / Forecasts), we succeeded in observing the central pressure of two intense typhoons, Lan (2017) and Trami (2018), by using a commercial jet aircraft (Gulfstream-II) with a newly-developed GPS dropsonde system. These flight missions were made in the upper troposphere (43,000ft, approximately 13.7 km) and were marked by very weak turbulence during eyewall penetration. These flights demonstrated a possibility of typhoon intensity observation using a civil aircraft. In the Pacific coast of Japan and Philippines, Doppler radars became available in this decade. The combination of aircraft reconnaissance off the coast with the ground-based velocity track display (GBVTD) analysis near the coast will provide accurate information on typhoon intensity.

Acknowledgements: This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Numbers JP16H06311, JP16H04053, JP18H03805, and the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) Understanding Lightning and Thunderstorm (ULAT) project.

キーワード：航空機観測、台風、北西太平洋
Keywords: aircraft reconnaissance, tropical cyclone, western North Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験
Observing System Experiment for Typhoon Trami (2018) using T-PARCII dropsondes and JMA Global Forecasting System

*山口 宗彦[1]、石橋 俊之[1]、中澤 哲夫[1]、伊藤 耕介[2]、山田 広幸[2]、大東 忠保[3]、長浜 則夫[4]、清水 健作[4]、久保田 尚之[5]、高橋 幸弘[5]、加藤 雅也[6]、金田 幸恵[6]、吉岡 真由美[6]、篠田 太郎[6]、高橋 暢宏[6]、坪木 和久[6]
*Munehiko Yamaguchi[1], Toshiyuki Ishibashi[1], Tetsuo Nakazawa[1], Kosuke Ito[2], Hiroyuki Yamada[2], Tadayasu Ohigashi[3], Norio Nagahama[4], Kensaku Shimizu[4], Hisayuki Kubota[5], Yukihiro Takahashi[5], Masaya Kato[6], Sachie Kanada[6], Mayumi Yoshioka[6], Taro Shinoda[6], Nobuhiro Takahashi[6], Kazuhisa Tsuboki[6]

1. 気象庁気象研究所、2. 琉球大学理学部、3. 防災科学技術研究所、4. 明星電気株式会社、5. 北海道大学大学院理学院、6. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 4. Meisei Electric, 5. Graduate School of Science, Hokkaido University, 6. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Airborne typhoon observations were conducted for Typhoon Trami (2018) under Tropical cyclones-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts (T-PARCII). Using the dropsonde data (zonal and meridional winds, temperature, and relative humidity) and the Japan Meteorological Agency Global Spectral Model (JMA/GSM, TL959L100) and 4 Dimensional Variational data assimilation (4DVAR, TL319L100), we performed Observing System Experiment (OSE) to see the impact of the newly available observational date on the track/intensity predictions by the JMA/GSM.

Three sets of numerical experiments, CNTL, EXP1 and EXP2, were performed. All the T-PARCII dropsonde and typhoon bogus data were used in the data assimilation in CNTL while T-PARCII dropsonde (typhoon bogus) data only were assimilated in the 4DVAR in EXP1 (EXP2). The period of the experiments is from 2018.09.25 00UTC to 2018.09.28 18UTC with a 6-hour data assimilation and forecasting cycle.

The error of the track predictions of EXP1 and EXP2 is smaller than that of CNTL. For example, the 3-day track prediction error of CNTL, EXP1 and EXP2 is 232, 201 and 218 km, respectively. A possible reason of the degradation of the track predictions by CNTL is that some dropsonde data were assimilated at the almost same locations as typhoon bogus data, which might deteriorate the initial structure of the typhoon.

In the operational configuration of the 4DVAR, all dropsonde data were assimilated irrespective of the existence of the typhoon bogus data. The results of a series of these numerical experiments may lead to improvement in the operational setting of dropsonde assimilation.

キーワード：航空機観測、台風、気象予測
Keywords: Airborne observation, Typhoon, Weather Prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測から解明された対流圏中の黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの基本的動態

Fundamental characteristics of black carbon and iron oxide aerosols in the troposphere revealed from the aircraft measurements

*茂木 信宏[1]、小池 真[1]、大畑 祥[2]、近藤 豊[3]、竹川 暢之[5]、足立 光司[4]、大島 長[4]、松井 仁志[2]、北 和之[6]、森 樹大[7]、吉田 淳[1]
*Nobuhiro Moteki[1], Makoto Koike[1], Sho Ohata[2], Yutaka Kondo[3], Nobuyuki Takegawa[5], Kouji Adachi[4], Naga Oshima[4], Hitoshi Matsui[2], Kazuyuki Kita[6], Tatsuhiro Mori[7], Atsushi Yoshida[1]

1. 東京大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 気象庁気象研究所、5. 首都大学東京、6. 茨城大学、7. 東京理科大学
1. The Univerisity of Tokyo, 2. Nagoya University, 3. National Institute for Polar Research, 4. Meteorological Research Institute, 5. Tokyo Metropolitan University, 6. Ibaraki University, 7. Tokyo University of Science

本発表では、これまで当研究グループが主に航空機観測を通じて解明してきた、黒色炭素および酸化鉄エアロゾルの対流圏中の基本的な動態、微物理および光学的特性、輸送および除去過程について、気候研究における国際的な位置づけを踏まえて説明する所存である。また、今後、航空機観測によってしか調査できないと考えられる、本発表に関連した未解明事象について、いくつか提案する所存である。

キーワード：エアロゾル、航空機観測、黒色炭素、酸化鉄、大気物質
Keywords: aerosol, aircraft measurement, black carbon, iron oxide, atmospheric chemical composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロガロ翼UAVを用いた東南極辺縁におけるエアロゾル観測
Aerosol measurements around the ridge of East Antarctica using a Rogallo wing UAV

*原口 諒平[1]、林 政彦[1]、原 圭一郎[1]、平沢 尚彦[2]、中田 浩毅[3]、尾塚 馨一[4,1]
*Ryohei Haraguchi[1], Masahiko Hayashi[1], Keiichiro Hara[1], Naohiko Hirasawa[2], Koki Nakata[3], Kei-ichi Ozuka[4,1]

1. 福岡大学、2. 極地研究所、3. kktイノベート、4. 日本タングステン
1. Fukuoka University, 2. National Institute of Polar Research, 3. kkt Inovate Co., Ltd, 4. Nippon Tungsten Co., Ltd

第48次，54次，56次日本南極地域観測隊によって，昭和基地地近くの南極大陸上S17航空拠点（69o02’S, 40o06’E，606m a.s.l.)において無人航空機を用いた気象観測が実施されてきた。58次南極地域観測隊は，雪，水蒸気，エアロゾルの収支を含んだ気象観測を2016年12月22日から2017年2月4日まで行った。観測の主要な項目の一つは，自動制御ロガロ翼機（カイトプレーン）を用いたエアロゾル修士課程に注目したものである。2つのタイプのカイトプレーン観測が計画された。一つは，エンジン式のカイトプレーンを用いた水平方向の分布に特に注目した観測である。凝結核計数装置，光学的粒子計数装置，エアロゾルサンプラーを搭載した。サンプルは，国内で，SEM/EDXによる個別粒子の元素組成分析に用いられた。もう一つは，光学粒子計数装置を搭載した滑空カイトプレーンである。エアロゾルの鉛直分布の観測に用いられた。第58次観測隊の観測期間中に22回の飛行が行われ，以下の結果が得られた。

１．凝結核濃度，大粒子濃度の高い一様性が2017年1月に見られた。
２．地表（雪面）付近で低い凝結核濃度が時々観測された。
３．1月23日に高い凝結核濃度で，低い大粒子濃度の状態で観測され，この層では新粒子生成が起きていた可能性が示された。
４．1月27日には，凝結核濃度，大粒子濃度ともに高い状態が観測され，海洋境界層内での水蒸気の凝縮成長が起きていた可能性が示された。

キーワード：エアロゾル、無人航空機、南極、新粒子生成
Keywords: Aerosol, UAV, Antarctica, new particle formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小型無人航空機を用いたin-situ情報による測風　ー風力三角形測風とホドグラフ測風ー

Wind Mesurements Based on In-situ Data -Direct Vector Calculation and Hodograph Analyses-

*林 政彦[1]、小野原 智之[1]、原口 諒平[1,3]、尾塚 馨一[2,4]、岡部 和夫[3]
*Masahiko Hayashi[1], Tomoyuki Onohara[1], Ryohei Haraguchi[1,3], Kei-ichi Ozuka[2,4], Kazuo Okabe[3]

1. 福岡大学理学部、2. 日本タングステン、3. スカイリモート、4. 福岡大学　FIT-EH
1. Faculty of Science, Fukuoka University, 2. Nippon Tungsten Co.,Ltd, 3. SkyRemote Co.,Ltd, 4. FIT-EH, Fukuoka University

近年，無人航空機の発達に伴い大気科学の領域でも無人航空機を用いた観測が行われるようになっている。我々は，約20年前からロガロ翼を主翼とした「カイトプレーン」を用いたエアロゾル観測を実施してきた。無人航空機を用いたin-situ観測において，気温等の気象情報は基本データとして必須のものである。しかし，3次元空間を相対的に運動する無人航空機によるin-situ風観測には，特に機体の姿勢情報の正確な把握に困難があり，現在でも様々な研究がされている。

本研究では，２つの測風方法のデータ処理と計測精度について検討した。一つは，対地速度ベクトルと対気速度ベクトルの差から風を算出する風力三角形測風であり，もう一つは旋回飛行させたときの多数の対地速度ベクトルの始点を原点においた時の終点の集合が作る円の中心が原点からずれることを利用したホドグラフ測風である。

風力三角形測風は，1秒，10m程度の時空間分解能を得られるが，正確な対気速度ベクトルの計測が必要である。ホドグラフ測風は，1分，数100mの時空間分解能となるが，GPSによる対地速度情報だけで測風ができる。

いずれも，現在の小型化された慣性航法装置などを用いることで0.1m/sec，数度程度の精度で測風できることを実際の飛行データに基づき紹介する。

キーワード：風計測、無人航空機、気象観測
Keywords: wind mesurements, UAV, meteorology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態
Characteristics of organic carbon in coastal carbonate sediment accompanied by seagrass meadows

*宮島 利宏[1]
*Toshihiro Miyajima[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野
1. Marine Biogeochemistry Group, Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Seagrass meadows are submerged, highly productive ecosystem that occurs in sandy shallow coastal environments from tropical to boreal regions. Colonization of seagrasses in coastal habitats renders originally oligotrophic, organic-poor sandy sediment into a hot spot of organic carbon (OC) sequestration and storage. This function depends on a combination of several characteristics specific to seagrasses, such as very high and efficient photosynthetic ability, production of perennial belowground biomass, and physical attenuation effects of leaf blades and roots that enhance accumulation and stability of sediment. Recent estimates indicate that around 70% of global seagrass meadows are present in tropical and subtropical coastal habitats (Siikamäki et al. 2012), which are often covered with biogenic carbonate sediment especially in archipelagic regions. In fact, carbonate accumulated in global seagrass meadow sediments has been estimated to be up to five times greater than the amount of OC on the carbon basis (Mazarrasa et al. 2015). However, geochemical roles of carbonate sediment in OC sequestration in seagrass meadow sediments is not well understood.
This study focuses on the OC stock and its relationship to mineralogical properties of sediment such as carbonate content, specific surface area (SSA), and mesopore distribution in carbonate sediments accompanied by seagrass meadows in Japan and the Philippines. Here, typical carbonate sediment is defined as sediment with inorganic carbon (IC) content greater than 8 mmol IC g^{-1}(ca. 10%-IC w/w). Obtained results were compared with corresponding properties of temperate, non-carbonate (<0.5 mmol IC g^{-1}) seagrass meadow sediments. The ranges of OC concentration and stock, as well as the degree of accumulation of OC in seagrass meadows relative to adjacent non-vegetated sediment, were similar between carbonate and non-carbonate seagrass habitats. The OC concentration strongly correlated with SSA and total mesopore volume for both carbonate and non-carbonate sediments. However, average OC loading per unit surface area and unit mesopore volume was six-times and three-times greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments, respectively. Carbon isotope abundance suggested that the fraction of seagrass-derived OC to total OC was often much greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments. Nonetheless, OC tightly associated with carbonate minerals seemed to be derived mainly from non-seagrass sources. These findings as well as the differences between carbonate and non-carbonate sediments may be partially explained by characteristics specific to carbonate sediments, such as presence of basic OC inherited from organisms that originally produced the carbonate, different affinity to soluble organic matter, different mesopore shape and size distribution, and gradual dissolution during early diagenesis. However, what constrains the capacity of carbonate sediments to sequester OC is still unclear. Our results suggest that, although mineralogical control on sediment OC is significant in carbonate sediment, the classical sorptive preservation mechanism originally put forward for explaining the constant OC/SSA ratio in continental shelf sediments is not sufficient to explain the OC sequestration capacity of carbonate sediments supporting seagrass meadows.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海草藻場、炭酸カルシウム、炭素貯留
Keywords: seagrass beds, calcium carbonate, carbon storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1], Yuta Uchiyama[1], Kaoru Kakinuma[1], Ryo Kohsaka[1]

1. Tohoku University

The blue carbon ecosystems (mangroves and seagrass) in the Philippines provide a wide range of benefits to the coastal communities; from provisional, regulating and cultural services ranging from supply of food and a natural fish nursery, carbon storage, protection against storm surges and as a tourism site. Existing studies in the Philippines have shown how local people in coastal areas affects the utilization and managing of the blue carbon ecosystems. However, little have recorded and evaluated the perception of people on the importance of these coastal ecosystems at the municipality level in relationship with rate of utilization to the different services these ecosystems provide. It is very important to understand the level of awareness and usage of mangrove, seagrass and associated resources because it can help in contextual formulation and implementation of management plan of coastal ecosystems in the municipality. In this study, household surveys, key informant interviews (KII), and focus group discussions (FGD) using semi-structured questionnaires will be utilized at coastal areas in select municipalities of Eastern Samar and Western Visayas. This study aims to determine the local knowledge of the coastal communities on blue carbon ecosystems, evaluate how they directly or indirectly use the services and identify potential local threats and destructive activities. It will also highlight the perception and evaluation of the existing efforts of the local government and their effectivity on the management of blue carbon ecosystems from local perspectives which has been largely overlooked.

Keywords: Blue Carbon Ecosystems, Coastal Management, Ecosystem Services, Coastal Communities, Awareness, Utilization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Takashi Nakamura[1], Kazuo Nadoka[1]

1. Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Sekisei Lagoon is the site of Japan's largest coral reef area and is an important target site for conservation. However, it is affected to varying degrees by typhoons which approach yearly during the summer and autumn seasons. To closely investigate typhoon-driven hydrodynamics in Sekisei Lagoon, a modeling setup was developed using a nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) configuration with an outer coarse scale regional model at 1.5 km grid resolution, and an inner model focused on the Sekisei Lagoon domain with a grid resolution of 300 meters. The inner model was configured using the Coupled Ocean-Atmophere-Wave-Sediment Transport (COAWST) modeling framework in order to couple the ROMS ocean model with the Simulating Waves Nearshore (SWAN) wave model. Initial conditions and ocean boundary forcing for the regional model were derived from the global 1/12° Hybrid Coordinate Modeling System analysis data (HYCOM GLBv0.08), and tidal forcing was added using data from the 1/30° OSU Topex/Poseidon Global Inverse tidal solution (TPXO9). Meteorological forcing was derived from Japan Meteorological Agency-Grid Point Value (JMA-GPV) mesoscale model results, and SWAN boundary forcing for the inner model was derived using outputs from the 5-km JMA Coastal Wave Model (CWM) for locations around the Yaeyama Islands where Sekisei Lagoon is located.

The modeling setup was run for specific typhoon events as well as for relatively calmer periods, and model performance was evaluated by comparing simulation results with in-situ observations from sensor deployments around Sekisei Lagoon conducted during the summer months of 2014, 2015, and 2016, as well as from a long term continuous monitoring setup in the Shiraho Reef area in Ishigaki Island. Modeled significant wave heights and peak wave periods at wave sensor locations for relatively calm periods had comparable ranges, but exact temporal trends could not yet be reproduced well. During modeled typhoon passages, trends in significant wave height, such as the timing of increase as the typhoon approached and the maximum wave height reached, were well-reproduced for a wave sensor located at the southeastern part of Sekisei Lagoon. However, the comparison was relatively poor for wave sensors deployed at the northwestern part of the lagoon and offshore of Shiraho Reef on the eastern side of Ishigaki Island, particularly in terms of the timing of wave height increase. In terms of simulating water temperature, running the inner ROMS model without SWAN resulted in Wilmott skill index (Wilmott 1981) scores ranging from 0.72 to 0.95 and root mean-square errors ranging from 0.46 to 1.52 deg C when compared with field observations conducted around Sekisei Lagoon from May to November in 2016. Modeling runs for the coupled ROMS-SWAN model were of shorter duration, but the simulated water temperatures showed some notable differences with the ROMS only case for some locations, suggesting that the influence of wave-driven flows on water temperature trends may need closer investigation.

Adjustments to the modeling setup are ongoing, especially in terms of more properly resolving bathymetric features, as some parts of the domain are characterized by complex barrier and fringing reef structures. Parameter tuning is also being conducted in relation to the physical processes considered in the SWAN wave model, such as the influence of bottom friction and depth-induced wave breaking. With further improvement, this modeling setup may serve as a potentially useful tool to gain further insight into the ways typhoons affect the hydrodynamic conditions in Sekisei Lagoon, as well as estimate potential damage levels, given that typhoon tracks and intensities vary. Even for the non-typhoon case, the setup

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

may also be useful to help clarify the influence of waves on the overall circulation in the area.

Keywords: hydrodynamics, typhoon, ocean model, wave model, coral reef, sensors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1], Toshihiro Maki[2], Yasuo Furushima[3], Yukiyasu Noguchi[2], Hiroumi Horimoto[2], Hiroya Yatagai[2], Takashi Sakamaki[2], Shohei Ito[4], Sadao Suzuki[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. FullDepth Co., Ltd., 5. ORE

Mesophotic coral reef habitats (30-150 m) are still largely unexplored despite their importance in biology (e.g., marine biodiversity studies, genetic connectivity between shallow and deep communities, ecological shift from photosynthetic to heterotrophic communities along a depth/light gradient) and in geology (e.g., study of sea-level changes and reef growth history during Quaternary sea-level lowstands). Here we report on new seafloor observations conducted by remotely operated vehicles (ROVs) and an autonomous underwater vehicle (AUV) at depths of 30-65 m around the Sekisei lagoon, Yaeyama Islands, South Ryukyus, Japan. In this study, new seafloor imaging was carried out at six sites along the northern (N1-N2) and southern (S1-S4) margins of the Sekisei Lagoon by two ROVs (BlueRov 2, Blue Robotics Inc., and FullDepth DiveUnit 300, FullDepth Co., Ltd.) and one AUV (HATTORI 2). HATTORI 2 is designed to acquire high-resolution video images of the seafloor at a constant elevation along a pre-programmed path, which enables the creation of a 3D topographic map of the seafloor based on structure-from-motion photogrammetry. In addition, HATTORI 2 was equipped with depth, temperature, salinity and light sensors. We combine these new observations with data obtained during previous ROV and AUV surveys to investigate the community structure of benthic organisms, particularly scleractinian corals, at mesophotic depths, and examine its relationship with water depth, seafloor topography, substrate type, and other major environmental parameters (i.e., light penetration, water temperature and salinity). Previous surveys revealed a clear bathymetric zonation at site S1 with a shift from a “coralgal” community (dominated by scleractinian corals and coralline algae) to a “mixed” community (including scleractinian corals, algae, octocorallians, sponges, and foraminifers) at a depth of ~60 m, and showed also that scleractinian corals become rare below 70 m. A preliminary analysis of images acquired during our latest survey indicates that coral cover in the upper mesophotic zone (30-40 m) varies greatly from one site to another: up to 100% in the area of sites N1 and N2 (*Leptoseris* and *Acropora* colonies locally abundant), 35% or less in the area of S1, close to 0% at sites S2 and S3, and 30-60 % at site S4. Our new data confirm that substrate type and seafloor topography are likely important factors controlling the distribution of corals at upper mesophotic depths (higher coral cover on hard rocky substrate and topographic highs), but they alone cannot explain the full range of our observations.

Keywords: Coral reefs, Mesophotic habitat, Coral communities, ROV, AUV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4]
*Hiroyuki Fujimura[1], Sayaka Higa[1], Toshihiro Miyajima[2], Tomihiko Higuchi[2], Sylvain Agostini[3], Ikuko Yuyama[3], Takashi Nakamura[4]

1. 琉球大学、2. 東京大学、3. 筑波大学、4. 東京工業大学
1. University of the Ryukyus, 2. The University of Tokyo, 3. Tsukuba University, 4. Tokyo Institute of Technology

In recent years, mass coral bleaching has been recognized around the world. Coral bleaching is a phenomenon that coral loses symbiotic algae “zooxanthellae” due to strong solar radiation and high water temperature, and white coral skeleton can be seen through the transparent its soft tissue. Coral bleaching is caused by a damage of photosynthetic system of zooxanthella by strong light and the damaged part is not repaired by the continuation of the high water temperature, leading to a generation of harmful reactive oxygen species by combining surplus electrons and surrounding oxygen.

Since a translocation of fixed carbon from zooxanthellae to coral decreases during bleaching event, corals are forced to consume the stored lipids in the tissues. Prolonged bleaching event eventually causes the death of coral. Corals that store enough energy by predation have more resistance against bleaching (Ferrier-Pages et al. 2010). An addition of a trace amount of inorganic metals to corals has shown an increase in antioxidant enzyme activity (Sasaki 2013). Feeding activity is not only energy supply for coral but also supply of trace metal elements that can be used for the active center of antioxidant enzyme as a cofactor. It is possible that heterotrophic feeding may improve a tolerance of coral bleaching. Therefore, the aim of this study is to investigate experimentally whether antioxidant capacity can be enhanced by heterotrophic nutrition.

Coral polyps of *Galaxea fascicularis* were incubated with and without a feeding condition for 20 days. Zooplankton was given to coral at the dawn when coral actively extends its tentacles and takes predatory behavior (AM 5: 00 - 8: 00). After 20 days, the water temperature was raised up to 31ºC within 3 days. Finally, all the coral polyps were sacrificed and separated into host tissues and zooxanthella. Superoxide dismutase (SOD) enzyme activity of the antioxidant and concentration of the metal element contained in the protein were measured, respectively.

As a result of feeding experiment, the SOD enzyme activity increased under feeding conditions of 27 ℃ and maintained the activity level after exposure to high water temperature, indicating the enhancement of the antioxidant activity of *G. fascicularis* by feeding process.

キーワード：造礁サンゴ、従属栄養、抗酸化能
Keywords: scleractinian coral, heterotrophic nutrition, antioxidant capacity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境ストレスがサンゴの白化に与える影響
Effects of environmental stresses on coral bleaching

*樋口 富彦[1]
*Tomihiko Higuchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Coral reefs are threatened by multiple environmental stresses at both the global and the local scales. Declining water quality in coastal reefs has been reported such as due to red soil runoff, agricultural fertilizers, and anti-fouling chemicals. Coral bleaching has been frequently reported and actively studied recently. The synergistic effects of multiple stressors have also been studied, with several studies reporting accelerated bleaching under conditions of high seawater temperature and low water quality. For example, enrichment of nitrate can accelerate coral bleaching under high light or high temperature conditions compared with single stress conditions. If the concentration of nitrate increases damage to coral reefs in coastal areas could significantly increase under high temperature or high light stress. Moreover, environmental bacteria, *Sulfitobacter* sp., which can be found in the seawater of coral reef, enhanced bleaching process under high temperature. These nitrate and bacteria did not affect corals severely under ambient temperature (not high temperature). To mitigate environmental stresses on coral reefs, it is important to evaluate risks due not only to global warming, but also to local stresses.

キーワード：地球温暖化、サンゴ白化現象、複合ストレス
Keywords: global warming, coral bleaching, multiple stresses

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態
Characteristics of organic carbon in coastal carbonate sediment accompanied by seagrass meadows

*宮島 利宏[1]
*Toshihiro Miyajima[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野
1. Marine Biogeochemistry Group, Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Seagrass meadows are submerged, highly productive ecosystem that occurs in sandy shallow coastal environments from tropical to boreal regions. Colonization of seagrasses in coastal habitats renders originally oligotrophic, organic-poor sandy sediment into a hot spot of organic carbon (OC) sequestration and storage. This function depends on a combination of several characteristics specific to seagrasses, such as very high and efficient photosynthetic ability, production of perennial belowground biomass, and physical attenuation effects of leaf blades and roots that enhance accumulation and stability of sediment. Recent estimates indicate that around 70% of global seagrass meadows are present in tropical and subtropical coastal habitats (Siikamäki et al. 2012), which are often covered with biogenic carbonate sediment especially in archipelagic regions. In fact, carbonate accumulated in global seagrass meadow sediments has been estimated to be up to five times greater than the amount of OC on the carbon basis (Mazarrasa et al. 2015). However, geochemical roles of carbonate sediment in OC sequestration in seagrass meadow sediments is not well understood.
This study focuses on the OC stock and its relationship to mineralogical properties of sediment such as carbonate content, specific surface area (SSA), and mesopore distribution in carbonate sediments accompanied by seagrass meadows in Japan and the Philippines. Here, typical carbonate sediment is defined as sediment with inorganic carbon (IC) content greater than 8 mmol IC g^{-1}(ca. 10%-IC w/w). Obtained results were compared with corresponding properties of temperate, non-carbonate (<0.5 mmol IC g^{-1}) seagrass meadow sediments. The ranges of OC concentration and stock, as well as the degree of accumulation of OC in seagrass meadows relative to adjacent non-vegetated sediment, were similar between carbonate and non-carbonate seagrass habitats. The OC concentration strongly correlated with SSA and total mesopore volume for both carbonate and non-carbonate sediments. However, average OC loading per unit surface area and unit mesopore volume was six-times and three-times greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments, respectively. Carbon isotope abundance suggested that the fraction of seagrass-derived OC to total OC was often much greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments. Nonetheless, OC tightly associated with carbonate minerals seemed to be derived mainly from non-seagrass sources. These findings as well as the differences between carbonate and non-carbonate sediments may be partially explained by characteristics specific to carbonate sediments, such as presence of basic OC inherited from organisms that originally produced the carbonate, different affinity to soluble organic matter, different mesopore shape and size distribution, and gradual dissolution during early diagenesis. However, what constrains the capacity of carbonate sediments to sequester OC is still unclear. Our results suggest that, although mineralogical control on sediment OC is significant in carbonate sediment, the classical sorptive preservation mechanism originally put forward for explaining the constant OC/SSA ratio in continental shelf sediments is not sufficient to explain the OC sequestration capacity of carbonate sediments supporting seagrass meadows.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海草藻場、炭酸カルシウム、炭素貯留
Keywords: seagrass beds, calcium carbonate, carbon storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1], Yuta Uchiyama[1], Kaoru Kakinuma[1], Ryo Kohsaka[1]

1. Tohoku University

The blue carbon ecosystems (mangroves and seagrass) in the Philippines provide a wide range of benefits to the coastal communities; from provisional, regulating and cultural services ranging from supply of food and a natural fish nursery, carbon storage, protection against storm surges and as a tourism site. Existing studies in the Philippines have shown how local people in coastal areas affects the utilization and managing of the blue carbon ecosystems. However, little have recorded and evaluated the perception of people on the importance of these coastal ecosystems at the municipality level in relationship with rate of utilization to the different services these ecosystems provide. It is very important to understand the level of awareness and usage of mangrove, seagrass and associated resources because it can help in contextual formulation and implementation of management plan of coastal ecosystems in the municipality. In this study, household surveys, key informant interviews (KII), and focus group discussions (FGD) using semi-structured questionnaires will be utilized at coastal areas in select municipalities of Eastern Samar and Western Visayas. This study aims to determine the local knowledge of the coastal communities on blue carbon ecosystems, evaluate how they directly or indirectly use the services and identify potential local threats and destructive activities. It will also highlight the perception and evaluation of the existing efforts of the local government and their effectivity on the management of blue carbon ecosystems from local perspectives which has been largely overlooked.

Keywords: Blue Carbon Ecosystems, Coastal Management, Ecosystem Services, Coastal Communities, Awareness, Utilization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Takashi Nakamura[1], Kazuo Nadoka[1]

1. Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Sekisei Lagoon is the site of Japan's largest coral reef area and is an important target site for conservation. However, it is affected to varying degrees by typhoons which approach yearly during the summer and autumn seasons. To closely investigate typhoon-driven hydrodynamics in Sekisei Lagoon, a modeling setup was developed using a nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) configuration with an outer coarse scale regional model at 1.5 km grid resolution, and an inner model focused on the Sekisei Lagoon domain with a grid resolution of 300 meters. The inner model was configured using the Coupled Ocean-Atmophere-Wave-Sediment Transport (COAWST) modeling framework in order to couple the ROMS ocean model with the Simulating Waves Nearshore (SWAN) wave model. Initial conditions and ocean boundary forcing for the regional model were derived from the global 1/12° Hybrid Coordinate Modeling System analysis data (HYCOM GLBv0.08), and tidal forcing was added using data from the 1/30° OSU Topex/Poseidon Global Inverse tidal solution (TPXO9). Meteorological forcing was derived from Japan Meteorological Agency-Grid Point Value (JMA-GPV) mesoscale model results, and SWAN boundary forcing for the inner model was derived using outputs from the 5-km JMA Coastal Wave Model (CWM) for locations around the Yaeyama Islands where Sekisei Lagoon is located.

The modeling setup was run for specific typhoon events as well as for relatively calmer periods, and model performance was evaluated by comparing simulation results with in-situ observations from sensor deployments around Sekisei Lagoon conducted during the summer months of 2014, 2015, and 2016, as well as from a long term continuous monitoring setup in the Shiraho Reef area in Ishigaki Island. Modeled significant wave heights and peak wave periods at wave sensor locations for relatively calm periods had comparable ranges, but exact temporal trends could not yet be reproduced well. During modeled typhoon passages, trends in significant wave height, such as the timing of increase as the typhoon approached and the maximum wave height reached, were well-reproduced for a wave sensor located at the southeastern part of Sekisei Lagoon. However, the comparison was relatively poor for wave sensors deployed at the northwestern part of the lagoon and offshore of Shiraho Reef on the eastern side of Ishigaki Island, particularly in terms of the timing of wave height increase. In terms of simulating water temperature, running the inner ROMS model without SWAN resulted in Wilmott skill index (Wilmott 1981) scores ranging from 0.72 to 0.95 and root mean-square errors ranging from 0.46 to 1.52 deg C when compared with field observations conducted around Sekisei Lagoon from May to November in 2016. Modeling runs for the coupled ROMS-SWAN model were of shorter duration, but the simulated water temperatures showed some notable differences with the ROMS only case for some locations, suggesting that the influence of wave-driven flows on water temperature trends may need closer investigation.

Adjustments to the modeling setup are ongoing, especially in terms of more properly resolving bathymetric features, as some parts of the domain are characterized by complex barrier and fringing reef structures. Parameter tuning is also being conducted in relation to the physical processes considered in the SWAN wave model, such as the influence of bottom friction and depth-induced wave breaking. With further improvement, this modeling setup may serve as a potentially useful tool to gain further insight into the ways typhoons affect the hydrodynamic conditions in Sekisei Lagoon, as well as estimate potential damage levels, given that typhoon tracks and intensities vary. Even for the non-typhoon case, the setup

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

may also be useful to help clarify the influence of waves on the overall circulation in the area.

Keywords: hydrodynamics, typhoon, ocean model, wave model, coral reef, sensors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1], Toshihiro Maki[2], Yasuo Furushima[3], Yukiyasu Noguchi[2], Hiroumi Horimoto[2], Hiroya Yatagai[2], Takashi Sakamaki[2], Shohei Ito[4], Sadao Suzuki[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. FullDepth Co., Ltd., 5. ORE

Mesophotic coral reef habitats (30-150 m) are still largely unexplored despite their importance in biology (e.g., marine biodiversity studies, genetic connectivity between shallow and deep communities, ecological shift from photosynthetic to heterotrophic communities along a depth/light gradient) and in geology (e.g., study of sea-level changes and reef growth history during Quaternary sea-level lowstands). Here we report on new seafloor observations conducted by remotely operated vehicles (ROVs) and an autonomous underwater vehicle (AUV) at depths of 30-65 m around the Sekisei lagoon, Yaeyama Islands, South Ryukyus, Japan. In this study, new seafloor imaging was carried out at six sites along the northern (N1-N2) and southern (S1-S4) margins of the Sekisei Lagoon by two ROVs (BlueRov 2, Blue Robotics Inc., and FullDepth DiveUnit 300, FullDepth Co., Ltd.) and one AUV (HATTORI 2). HATTORI 2 is designed to acquire high-resolution video images of the seafloor at a constant elevation along a pre-programmed path, which enables the creation of a 3D topographic map of the seafloor based on structure-from-motion photogrammetry. In addition, HATTORI 2 was equipped with depth, temperature, salinity and light sensors. We combine these new observations with data obtained during previous ROV and AUV surveys to investigate the community structure of benthic organisms, particularly scleractinian corals, at mesophotic depths, and examine its relationship with water depth, seafloor topography, substrate type, and other major environmental parameters (i.e., light penetration, water temperature and salinity). Previous surveys revealed a clear bathymetric zonation at site S1 with a shift from a “coralgal” community (dominated by scleractinian corals and coralline algae) to a “mixed” community (including scleractinian corals, algae, octocorallians, sponges, and foraminifers) at a depth of ~60 m, and showed also that scleractinian corals become rare below 70 m. A preliminary analysis of images acquired during our latest survey indicates that coral cover in the upper mesophotic zone (30-40 m) varies greatly from one site to another: up to 100% in the area of sites N1 and N2 (*Leptoseris* and *Acropora* colonies locally abundant), 35% or less in the area of S1, close to 0% at sites S2 and S3, and 30-60 % at site S4. Our new data confirm that substrate type and seafloor topography are likely important factors controlling the distribution of corals at upper mesophotic depths (higher coral cover on hard rocky substrate and topographic highs), but they alone cannot explain the full range of our observations.

Keywords: Coral reefs, Mesophotic habitat, Coral communities, ROV, AUV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4]
*Hiroyuki Fujimura[1], Sayaka Higa[1], Toshihiro Miyajima[2], Tomihiko Higuchi[2], Sylvain Agostini[3], Ikuko Yuyama[3], Takashi Nakamura[4]

1. 琉球大学、2. 東京大学、3. 筑波大学、4. 東京工業大学
1. University of the Ryukyus, 2. The University of Tokyo, 3. Tsukuba University, 4. Tokyo Institute of Technology

In recent years, mass coral bleaching has been recognized around the world. Coral bleaching is a phenomenon that coral loses symbiotic algae “zooxanthellae” due to strong solar radiation and high water temperature, and white coral skeleton can be seen through the transparent its soft tissue. Coral bleaching is caused by a damage of photosynthetic system of zooxanthella by strong light and the damaged part is not repaired by the continuation of the high water temperature, leading to a generation of harmful reactive oxygen species by combining surplus electrons and surrounding oxygen.

Since a translocation of fixed carbon from zooxanthellae to coral decreases during bleaching event, corals are forced to consume the stored lipids in the tissues. Prolonged bleaching event eventually causes the death of coral. Corals that store enough energy by predation have more resistance against bleaching (Ferrier-Pages et al. 2010). An addition of a trace amount of inorganic metals to corals has shown an increase in antioxidant enzyme activity (Sasaki 2013). Feeding activity is not only energy supply for coral but also supply of trace metal elements that can be used for the active center of antioxidant enzyme as a cofactor. It is possible that heterotrophic feeding may improve a tolerance of coral bleaching. Therefore, the aim of this study is to investigate experimentally whether antioxidant capacity can be enhanced by heterotrophic nutrition.

Coral polyps of *Galaxea fascicularis* were incubated with and without a feeding condition for 20 days. Zooplankton was given to coral at the dawn when coral actively extends its tentacles and takes predatory behavior (AM 5: 00 - 8: 00). After 20 days, the water temperature was raised up to 31ºC within 3 days. Finally, all the coral polyps were sacrificed and separated into host tissues and zooxanthella. Superoxide dismutase (SOD) enzyme activity of the antioxidant and concentration of the metal element contained in the protein were measured, respectively.

As a result of feeding experiment, the SOD enzyme activity increased under feeding conditions of 27 ℃ and maintained the activity level after exposure to high water temperature, indicating the enhancement of the antioxidant activity of *G. fascicularis* by feeding process.

キーワード：造礁サンゴ、従属栄養、抗酸化能
Keywords: scleractinian coral, heterotrophic nutrition, antioxidant capacity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境ストレスがサンゴの白化に与える影響
Effects of environmental stresses on coral bleaching

*樋口 富彦[1]
*Tomihiko Higuchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Coral reefs are threatened by multiple environmental stresses at both the global and the local scales. Declining water quality in coastal reefs has been reported such as due to red soil runoff, agricultural fertilizers, and anti-fouling chemicals. Coral bleaching has been frequently reported and actively studied recently. The synergistic effects of multiple stressors have also been studied, with several studies reporting accelerated bleaching under conditions of high seawater temperature and low water quality. For example, enrichment of nitrate can accelerate coral bleaching under high light or high temperature conditions compared with single stress conditions. If the concentration of nitrate increases damage to coral reefs in coastal areas could significantly increase under high temperature or high light stress. Moreover, environmental bacteria, *Sulfitobacter* sp., which can be found in the seawater of coral reef, enhanced bleaching process under high temperature. These nitrate and bacteria did not affect corals severely under ambient temperature (not high temperature). To mitigate environmental stresses on coral reefs, it is important to evaluate risks due not only to global warming, but also to local stresses.

キーワード：地球温暖化、サンゴ白化現象、複合ストレス
Keywords: global warming, coral bleaching, multiple stresses

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、座長:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、渡邉 敦(東京工業大学)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

13:45 ~ 13:50

Introduction

13:50 ~ 14:10

[ACG44-01] 熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価

★招待講演

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1] (1.東京農業大学)

14:10 ~ 14:25

[ACG44-02] Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1]、Toshihiro Miyajima[1]、Charissa M Ferrera[2]、Chia-Jung Lu[1]、M.L San Diego-McGlone[2]、Hiroshi Ogawa[1]、Kazuo Nadaoka[3] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman、3.School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology)

14:25 ~ 14:45

[ACG44-03] サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

★招待講演

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4] (1.東京工業大学　環境・社会理工学院、2.東京大学　大気海洋研究所、3.笹川平和財団　海洋政策研究所、4.琉球大学)

14:45 ~ 15:00

[ACG44-04] 表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態

*市川 和彦[1] (1.（前）地球環境科学院、北海道大学)

15:00 ~ 15:15

[ACG44-05] Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1] (1.国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

熱帯沿岸海域への溶存鉄供給システムとしてのマングローブ生態系評価
Evaluation of mangrove ecosystems as a dissolved iron supplying system to tropical coastal waters

*中西 康博[1]、檜谷 昂[1]
*Yasuhiro Nakanishi[1], Ko Hinokidani[1]

1. 東京農業大学
1. Tokyo University of Agriculture

【はじめに】植物微量必須元素のひとつである鉄は海水中で不溶化しやすいことから，海水中の可給態の鉄（溶存鉄）の量は，海洋における食物連鎖源ならびに二酸化炭素吸収源となる植物プランクトンの生育・増殖を大きく左右する。そこで，海域への溶存鉄自然供給システムに関する研究が進展してきているなか，熱帯・亜熱帯の陸海境界に成立するマングローブ生態系に焦点を当て，同生態系から海洋への溶存鉄溶出メカニズムを明らかにするため，マングローブ樹種の葉中に含まれるポリフェノール含有率を他樹種と比較すると共に，葉中ポリフェノールによる林床土壌からの溶存鉄溶出量を測定した。また，同溶出メカニズムに林床ベントスを介在させたモデル，すなわち植物-動物-土壌系モデルを検討する一環として，同葉を摂食する*Neosarmatium smithi*アシハラガニモドキならびに*Telebralia palustris*キバウミニナに着目し，それらのマングローブ葉摂食速度や排泄糞と林床土壌との反応による溶存鉄溶出量等を調べた。

【方法】*N. smithi*: 同種の生息する宮古島マングローブを調査地とし，1) 総リター量に対する*N. smithi*の落葉除去率，2) *N. smithi*による葉摂食速度，3) 糞中及び巣穴内壁土壌のポリフェノール含有率，4) 根圏土壌中の溶存鉄含有率，を調査した。*T. palustris*: 同種の生息する西表島船浦マングローブにて，i) 葉摂食速度，ii) 生息密度を調査するとともに，iii) 生息・非生域林床の土壌中溶存鉄含有率を測定した。葉ならびに糞中キレート成分：マングローブ葉及び排泄糞中の鉄キレート成分は，液体クロマトグラフ質量分析計（LC-MS）とガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用い測定した。

【結果・考察】*N. smithi*: 1) 島尻マングローブのリター量は9.89 $Mgha^{-1}yr^{-1}$と推定され，*B. gymnorrhiza*（オヒルギ）, *R. stylosa*（ヤエヤマヒルギ），*D. trifoliata*（シイノキカズラ）の*N. smithi*による落葉除去率はそれぞれ84.3，77.1，31.0 %とマングローブ樹種で高かった。2) *N. smithi*のマングローブ葉の比摂食速度は*R. stylosa* >*B. gymnorrhiza* > *K. obovata*（メヒルギ），> *A. marina*（ヒルギダマシ）の順で，ポリフェノール含有率が5～15%程度の植物葉に対する速度が高かった。3) *N. smithi*の巣穴内壁黒色部のポリフェノール含有率は0.049 ±0.028%と，同黄色部（0.011 ±0.006%）と畑土壌（0.012 ±0.09%）のそれぞれ4.45，4.08倍で，また排せつ糞中含有率は0.61 ±0.15%と黒色部の12.4倍であったことから，巣穴内壁黒色部には，ポリフェノールを含有する*N. smithi*の排せつ糞が付着していることが示唆された。この糞水抽出液をマングローブ林床土壌へ添加し反応させると溶存鉄の溶出量が有意に増加することが確認された。4) 同カニの生息が確認された*B. gymnorrhiza*林床土壌から深さ0 ～80 cmまで10 cmごとに採土し，土壌中の溶存鉄及び，ポリフェノール含有率を測定した結果，溶存鉄ならびにフェノール成分含有率は両者ともに同カニ営巣区と推察される25～35 cmで最も高くなった。このことから，マングローブ落葉を巣穴へ持ち去り，摂食するカニ類の生息林床では，マングローブ葉中のポリフェノールと林床土壌中の不溶態鉄との接触機会が増大している可能性が推察された。*T. palustris*: i) 現場での摂食速度試験の結果，*R. stylosa*緑葉及び黄葉の比摂食速度の平均値は0.12及び0.13 $DWgh^{-1}$個体$^{-1}$，*B. gymnorrhiza*緑葉及び黄葉は，0.14及び0.12 $DWgh^{-1}$個体$^{-1}$であった。ii) *T. palustris*の（成貝および稚貝）の生息密度は、C：*R. stylosa*と*B. gymnorrhiza*の分布境界～*B. gymnorrhiza*群落中央で最も高く（30個体/㎡）、A：*R. stylosa*海側林縁～*R. stylosa*群落中央で最も低かった（11個体/㎡）。成貝はCで最も高く（27個体/㎡）、稚貝はAで最も高かった（16個体/㎡）。調査地区全体でみると，稚貝の生息密度は海側に行くにしたがい高く、逆に成貝の生息密度は海側に行くにしたがい低くな

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

り、各調査プロットにおけるそれらの間には有意な負の相関関係が示された。iii) *T. palustris*の生息する林床土壌中の溶存鉄及びポリフェノール含有率の平均値は，生育しない土壌と比べて有意に高く（p<0.01），同貝の介在により林床土壌における溶存鉄生成が促進されていることが示唆された。そこで*N. smithi*と同様，同貝の糞水抽出液をマングローブ林床土壌へ添加し反応させると，多量の溶存鉄が溶出した。また，全供試マングローブ林床土壌中の溶存鉄とポリフェノール含有率との間には有意な強い正の相関関係（R^2 = 0.79, p <0.01）が示された。葉ならびに糞中キレート成分：供試マングローブ葉中からは，鉄キレート能を有する成分としてフェノール酸類，フラボノイド類，ヒドロキシカルボン酸類が検出された。同葉を給餌し得られた排泄糞中には上記と同様のポリフェノール類が含まれた。

キーワード：マングローブ、生態系、溶存鉄、ベントス、ポリフェノール
Keywords: Mangrove, Ecosystem, Dissolved iron, Benthos, Polyphenole

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dissolved organic carbon and optical properties in tropical and subtropical mangrove environments

*Raghab Ray[1], Toshihiro Miyajima[1], Charissa M Ferrera[2], Chia-Jung Lu[1], M.L San Diego-McGlone[2], Hiroshi Ogawa[1], Kazuo Nadaoka[3]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Marine Science Institute, University of the Philippines, Diliman, 3. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

Among different wetland habitats, mangroves are key source of dissolved organic matter (DOM) for the estuarine and coastal waters. However, the quantity and quality of DOM from both natural and rehabilitated mangroves sustained under contrasting hydro-climatological settings of tropical and subtropical regions have not been examined comprehensively. The present study was carried out in areas of such regions in the tropics (Panay and Palawan, Philippines) and sub-tropics (Ishigaki and Iriomote, Japan). Surface water sampling was performed along the salinity gradient of mangrove dominated rivers and estuaries in 2018, aiming to investigate the distribution, mixing and fate of dissolved organic carbon (DOC), δ^{13}C-DOC and optical properties such as chromophoric dissolved organic matter (as CDOM). Preliminary results showed that mean DOC concentration was ~2-fold higher in Ishigaki and Iriomote than Panay and Palawan mangroves (225±111 μM and 103±52 μM, respectively) due to dilution effect by increased rain water flux from the typhoon event during sampling in Panay and Palawan. Strong correlation between DOC and CDOM absorption coefficient at 412 nm was only evident for the Ishigaki and Iriomote mangroves, indicative of dominance of predominantly allochthonous DOM. In the Philippines, there were no significant variations of DOM properties observed between natural (Palawan) and rehabilitated (Panay) mangroves but their mixing pattern along the salinity transect differed significantly. Property-salinity relationship revealed regions of non-linear mixing of DOC for both sites demonstrating dynamic source-sink reaction processes within the river estuaries. During the course of transport to the sea, DOC was added to the waters in Palawan in contrast to the recruited mangroves of Panay reflecting higher mangrove material input for the former site. Other optical descriptors (like spectra slope between 275 nm and 295 nm, and slope ratio in the ranges of 275-295 nm and 350-400 nm) confirmed the shift in DOM origin from terrigenous to marine sources along the salinity transects of the river estuaries. The linear decreasing trend of specific UV absorption at 254 nm ($SUVA_{254}$) further indicated the loss of DOM aromaticity downstream to the sea. Further attempt will be made to better characterize the DOM molecular compositions and fluorescence properties from the same tropical and sub-tropical mangrove sites.

Keywords: Dissolved organic matter, CDOM, Mangrove, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴのポリプスケールにおける白化現象のモデル化とリーフスケールへの拡張

Modeling coral polyp-scale bleaching phenomenon and upscaling to reef-scale

*中村 隆志[1]、樋口 富彦[2]、宮島 利宏[2]、Bernardo Lawrence Patrick C.[1]、灘岡 和夫[1]、渡邉 敦[1,3]、藤村 弘行[4]
*Takashi Nakamura[1], Tomihiko Higuchi[2], Toshihiro Miyajima[2], Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Kazuo Nadaoka[1], Atsushi Watanabe[1,3], Hiroyuki Fujimura[4]

1. 東京工業大学　環境・社会理工学院、2. 東京大学　大気海洋研究所、3. 笹川平和財団　海洋政策研究所、4. 琉球大学
1. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, 2. AORI, The University of Tokyo, 3. The ocean policy research institute, The Sasakawa peace foundation, 4. University of the Ryukyus

To elucidate the mechanism responsible for coral bleaching and to project the status of coral communities in the near future, a coral bleaching model was developed based on a reef-scale three-dimensional hydrodynamic–biogeochemical model coupled with a polyp-scale coral bleaching model.

The polyp-scale bleaching model was developed by incorporating the dynamics of photoinhibition, reactive oxygen species (ROS), and zooxanthella abundance based on a previously developed coral polyp model by Nakamura et al. (2013). The polyp-scale model assumes that ROS are produced by zooxanthellae and that corals expel zooxanthellae when the concentration of ROS in their tissues exceeds tolerable levels. When temperature increases, corals release more zooxanthellae because the ROS production rate per zooxanthella cell increases with increasing temperature. This mechanism accounts for coral bleaching at high temperatures. The model assumes that ROS are produced from excess electrons transferred from photosystem II (PSII) that are not used in the downstream photosynthetic process. Photoinhibition, which is a key factor in the transfer of electrons from PSII, was included in the model, and the temperature dependence of Rubisco activity was introduced as a blocking factor in the downstream photosynthetic process. The ROS dynamics include detoxification of ROS by antioxidant substances, and the zooxanthella population dynamics include reproduction, mortality, and the rate of zooxanthellae release, which depends on the ROS damage of the coral cell. Results of simulated incubation experiments under different temperature conditions by the bleaching model reproduced the temperature dependence of the coral bleaching phenomenon. Moreover, recovery process after bleaching was also reproduced, and the ability of the model to describe the recovery process is a unique feature. The model also reproduced the phenomenon that coral bleaching is effectively reduced by light shading. A comparison between photoinhibition and its absence revealed that photoinhibition effectively reduced electron transport from PSII and consequently reduced the production of excess electrons that form ROS. Photoinhibition therefore protects the photosystem and tissues from oxidative damage by ROS. A temperature-dependent repair delay from photoinhibition also reduces ROS production and thereby prevents coral bleaching. The delay may be strategically controlled by zooxanthellae.

The polyp-scale bleaching model was coupled with reef-scale hydrodynamic-biogeochemical model based on the model framework by Nakamura et al. (2018). The model was applied to both the Shiraho coral reef based on Nakamura et al. (2018), and Sekisei Lagoon based on Bernardo et al. (2017). The results of the model simulation confirmed that the model accurately reproduced the spatiotemporal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

variations of bottom water temperatures on the reef. In particular, the temperatures during the daytime were significantly higher on the reef crest and in shallow nearshore areas than in the offshore seawater. The model confirmed that the spatial pattern of zooxanthella density coincided with the spatial pattern of water temperature on the reef. The model can use the internal condition of the corals to output the parameters that characterize coral population dynamics, such as coral growth rates and mortality rates. The coupled model therefore has the potential to simulate long-term spatiotemporal changes in coral coverage. Although the model still needs some improvement, incorporation of additional modules and improvement of the model will make it a useful tool for evaluating how corals respond to multiple environmental stresses on the reef-scale.

キーワード：サンゴの白化現象、数値シミュレーション、共生藻、活性酸素種
Keywords: coral bleaching, numerical simulation, zooxanthellae, ROS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表層海洋の酸性化の改善と石灰化の回復能：プロトン濃度制御の生態
Reversal of surface ocean acidification and recovery potential of calcification: ecology of proton concentration control

*市川 和彦[1]
*Kazuhiko Ichikawa[1]

1.（前）地球環境科学院、北海道大学
1. (post) Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University

沿岸海洋生態系は、人間活動の影響を受けている開放系である。表層海洋を棲息領域とするサンゴ礁は、サンゴポリプの個体骨格形成、更に集団のコミュニテイ骨格形成を遂行している。地球環境規模の骨格形成成長過程は、表層海洋でのプロトンダイナミクスと炭酸水素塩からの鉱物化が起きている。骨格形成・骨格溶解はプロトン生成・消費に対応している。表層海洋は開放系であって大気の地球環境との相互作用を考慮しなければならない。人間活動のない紀元前の時代から人間活動の影響を受けている時代（1950以降）を迎えた。表層海洋酸性化による環境変動応答機構を明らかにする必要がある。その上で地球温暖化対策にも繋がる大気二酸化炭素の物質変換対策を必要としている。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revisit of massive *Porites* coral growth under the outbreak of crown-of-thorns starfish and thermal stress in Sekisei Lagoon, Japan

*岨 康輝[1]
*Kohki Sowa[1]

1. 国立研究開発法人 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Recently, shallow water coral reefs have come under high pressure because of the changes in climate due to global warming and water quality due to pollution. Coral reefs, which are distributed from the tropical to the temperate areas, consist of calcareous biotas such as scleractinian corals. As the coral skeletal growth is one of the candidate proxies for representing the whole coral reef health, it can provide vital information for developing effective conservation strategies for coral reefs. However, there are only a few studies on the long-term and *in-situ* verification of the relationships among coral skeletal growth, and changes in coral ecology and climate information.

Sekisei area is located between the Yaeyama Islands and the largest coral reef lagoon in Japan (approximately 400 km^2). Continual monitoring of coral and crown-of-thorns starfish (COTS) started in 1983, and the results revealed the negative effects of the outbreak of COTS and the thermal stress-induced severe damage to coral reef ecology. Massive *Porites* coral is one of the key species in the framework of coral reefs in North-West Pacific. The coral continuously precipitates carbonate skeleton over its previous frame, which provides us an opportunity to hindcast the skeletal growth for the long term. Therefore, massive *Porites* coral skeleton in Sekisei Lagoon offers an opportunity to verify whether their skeletal growth is an indicator of coral reef health.

This study shows the revisit of long-term massive *Porites* coral growth (extension rate) estimated from the coral cores in Sekisei Lagoon from 1965 to 2000 reported by Omata *et al.* (2002). Eighty-two coral cores were collected from 12 areas, including reef fronts and patch reefs in Sekisei Lagoon. This study then selected seventy-four coral cores. The average growth anomaly decreased from the 1980s to 1990, which corresponded to decreasing coral coverage. The results imply that the growth of *Porites* coral would be an indicator of the changes in coral coverage by biodisturbance in this area. On the contrary, there were several reductions in extension anomaly, but it did not entirely correspond to the coral bleaching events in 1983 and 1998. These results imply that the growth of *Porites* coral does not represent the coral bleaching events in this area.

References
Omata *et al.* (2002) Skeletal growth history of modern corals in Sekisei Lagoon as a bio-indicator. *JAMSTEC-R* 45, 17-30.

キーワード：サンゴ、骨格、ハインドキャスト、オニヒトデ、温度ストレス、石西礁湖
Keywords: Coral, Skeleton , Hindcast, COTS, Thermal stress, Sekisei lagoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 102 1F

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)、座長:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学)、渡邉 敦(東京工業大学)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[ACG44-06] Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6] (1.九州大学大学院地球社会統合科学府、2.九州大学大学院比較社会文化研究院、3.東京大学大気海洋研究所、4.琉球大学理学部物質地球科学科、5.アメリカ地質調査所、6.フロリダ工科大学)

15:45 ~ 16:00

[ACG44-07] サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

*藤井 巖[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2] (1.公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2.ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3.スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所)

16:00 ~ 16:20

[ACG44-08] Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

★Invited Papers

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2] (1.国立環境研究所、2.北海道大学)

16:20 ~ 16:35

[ACG44-09] 衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2] (1.愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2.水産研究・教育機構)

16:35 ~ 16:55

[ACG44-10] 海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響

★招待講演

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2] (1.筑波大学、2.獨協大学)

16:55 ~ 17:00

Discussion

Reconstructing sedimentation process of lagoon sediment in the Eastern Kume Island, Ryukyus

*佐野 亘[1]、平林 頌子[2]、横山 祐典[3]、宮入 陽介[3]、藤田 和彦[4]、菅 浩伸[2]、Lauren Toth[5]、Richard Aronson[6]
*Wataru Sano[1], Shoko Hirabayashi[2], Yusuke Yokoyama[3], Yosuke Miyairi[3], Kazuhiko Fujita[4], Hironobu Kan[2], Lauren T. Toth[5], Richard B. Aronson[6]

1. 九州大学大学院地球社会統合科学府、2. 九州大学大学院比較社会文化研究院、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 琉球大学理学部物質地球科学科、5. アメリカ地質調査所、6. フロリダ工科大学
1. Graduate School of Integrated Sciences for Global Society, Kyushu University, 2. Graduate School of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 4. Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 5. United States Geological Survey, 6. Florida Institute of Technology

This study aims to reveal the sedimentation process of the barrier reef lagoon in the Eastern Kume Island. We drilled at two sites (the south of Ooha island and the east of Eef beach)in Kume Island and obtained 4 cores. The penetration depth of cores were from 2.4 to 4.2 m. Unlithified sediments in coral reef lagoons in Kume Island were mainly composed of bioclast such as branching coral pebbles, foraminifera, shell, algae and lime mud.
We measured radiocarbon dating of 28 samples (18 coral pebbles and 10 foraminifera) in the cores and estimated their sedimentation rates. The results showed that the sedimentation rate was slow at the south of Ooha Island, but rapid at Eef beach. The timing of rapid sediment accumulation at Ooha Island coincided with the timing of relative sea-level rise around 6.7 ka and reached its highest level at Tonaki Island (Kan et al.,1997) locating next to Kume Island. The sediment accumulation at Eef Beach was from 4.1 to 3.2 ka and it lagged behind Ooha Island. It may be because the coastal plain was developed with three beach ridges behind Eef Beach (Kawana,1990) and the coring sites were located at the front of the coastal plain formation.
This study was supported by JSPS and the U.S. National Science Foundation.

キーワード：サンゴ礁、海水準変動、地形発達史、完新世、琉球列島
Keywords: Coral reef, Sea-level change, Geomorphological development, Holocene, Ryukyu Islands

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サンゴ礁長期モニタリングにおける挑戦：新しいサンプリング手法の効果に対する統計的アプローチ

Addressing challenges in long-term coral reef monitoring: Statistical tools to address the effect of new methods

*藤井 巌[1,2]、セルグラス ジェニファー[3,2]、ビンセント アマンダ[2]
*Iwao Fujii[1,2], Jennifer Selgrath[3,2], Amanda Vincent[2]

1. 公益財団法人笹川平和財団海洋政策研究所、2. ブリティッシュコロンビア大学海洋水産研究院プロジェクト・シーホース、3. スタンフォード大学ホプキンス臨海実験所
1. The Ocean Policy Research Institute of the Sasakawa Peace Foundation, 2. Project Seahorse, Institute of the Oceans and Fisheries, The University of British Columbia, 3. Hopkins Marine Station, Stanford University

効果的なサンゴ礁保全のためには、海洋保護区がサンゴに与え得る影響を長期にわたりモニタリングする必要がある。このような長期モニタリングでは、期間を通して同一のサンプリング方法を採用することが理想である。しかし、当初用いられた方法が最適でなく、あるいはより適したサンプリング技術・器材が開発され、方法の変更を迫られた場合、どのような対応をとればよいだろうか。本研究ではライン・インターセプト・トランセクト法 (LIT) およびフォト・コドラート法 (PQ) により推計されたサンゴの被度データを比較し、異なる方法から得られたデータを一つの時系列データとして扱うことが可能かを検証した。

本研究では18年にわたるデータのうち、LIT・PQ両方が実施された3年分を用いた。調査は1998年から2016年の間に乾期（3 ~ 4月）と雨期（9 ~ 10月）の年2回、計8か所の海洋保護区で実施され、モニタリング前半ではLIT（1998 ~ 2010年）が、後半ではPQ（2008 ~ 2016年）が使用された。また、サンプリング方法変更時には、移行期間として3年（2008 ~ 2010年）にわたり両方法が用いられた。LITでは各海洋保護区に20 mトランセクトが計2本、固定トランセクトとして設置された。しかし、調査海域ではトランセクトの完全な固定が困難であったため、方法がPQに切り替えられた。PQでは各海洋保護区に23 mトランセクトが計10本、無作為に設置された。なお、調査は5 m以浅の海域で行われた。LITは水深5 ~ 10 mの海域でも実施されたが、本研究では浅海域のデータのみを使用した。

サンプリング方法移行期間のデータを用いた比較では、LITはPQと比較して高い平均値を示した（LIT平均値40.5 %、PQ平均値31.1 %）。しかし、20 mのLITデータを1 mごとに区切り、そのサンプル数をn = 2から40に増加させることにより、LIT・PQ両データの平均値に有意の差が見られなくなった（サンプル数増加後のLIT平均値39.0 %）。一方、移行期間中のサンゴの被度の増減は、PQでは有意の結果が示されるのに対して（5.8%/年減少）、LITでは有意の結果が示されなかった（1.8 %/年増加）。この違いはPQデータのサンプル数が多いこと、また、データが広範囲からサンプリングされたことによるものと考えられる。被度の増減に関しては、サンプル数増加後もLITデータに大きな変化が見られなかった。しかし、異なる水深のデータに大きな差が見られない場合、5 m 以深のLITデータを加える等によって、LITとPQの類似性をさらに高められると考えられる。これらの結果から、異なる方法から得られたデータを使用する際、サンプル数および調査範囲の差に留意する必要があることが確認された。また、データの類似性を高めるうえで、再サンプリングが有用であることが示唆された。本研究における結果は、長期モニタリングデータの質を改善し得るとともに、海洋保護区による効果的なサンゴ礁保全に寄与するだろう。

キーワード：サンゴ礁、海洋保護区、長期モニタリング、海洋保全
Keywords: Coral reef, Marine protected area, Long-term monitoring , Marine Conservation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean currents and herbivory drive macroalgae-to-coral community shift under climate warming

*熊谷 直喜[1]、Jorge García Molinos[2]、山野 博哉[1]、髙尾 信太郎[1]、藤井 賢彦[2]、山中 康裕[2]
*Naoki H. Kumagai[1], Jorge García Molinos[2], Hiroya Yamano[1], Shintaro Takao[1], Masahiko Fujii[2], Yasuhiro Yamanaka[2]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Hokkaido University

Range shifts in foundation species induced by global warming are likely to have ecosystem-wide implications for biodiversity, ecological functioning, biogeochemical cycling and resources used by humans. Corals and macroalgae are habitat-forming species in coastal ecosystems that co-occur and compete for space, and thus global degradation of coral reefs and macroalgal beds can have ecosystem-wide implications. However, recent studies in warm temperate zones have documented community shifts from macroalgae to corals, signaling a potential mechanism for coral conservation under climate warming at the expense of macroalgae under climate warming. Although such community shifts are expanding geographically, our understanding of the driving processes is still limited. Here, we reconstruct long-term climate-driven range shifts in 30 species of macroalgae (8 kelp and 22 fucoid species), 12 species of corals and three species of herbivorous fishes (records of overgrazing) from over 60 years records (mainly 1950–2015) stretching across 3,000 km of the Japanese archipelago from tropical to subarctic zones.

The direction and rate of the observed range shifts calculated for each species and coast during the study period showed considerable variation in both distribution centroids and range edges. Expansions were scarcer than contractions in macroalgae, whereas fishes and corals experienced expansions much more frequently than contractions. Expansions were fastest in fishes, followed by corals, fucoids and kelps, whereas macroalgae contracted their range faster than corals and fishes. Based on a revised coastal version of climate velocity trajectories and a Bayesian inference, we found that prediction models combining the effects of climate and ocean currents consistently explained observed community shifts significantly better than those relying on climate alone. Corals and herbivorous fishes performed better at exploiting opportunities offered by this interaction.

The contrasting range dynamics for these taxa suggest that ocean warming is promoting macroalgal-to-coral shifts both directly by increased competition from the expansion of tropical corals into the contracting temperate macroalgae, and indirectly via deforestation by the expansion of tropical herbivorous fish. Beyond individual species' effects, our results provide novel evidence on the important role that the interaction between climate warming and external forces conditioning the dispersal of organisms, such as ocean currents, can have in shaping community-level responses, with concomitant changes to ecosystem structure and functioning. Further, we found that community shifts from macroalgae to corals might accelerate with future climate warming, highlighting the complexity of managing these evolving communities under future climate change. Nevertheless, and although expansion rates are faster than contraction rates overall, we found that not only macroalgae but even corals might be unable to keep pace with climate change. This may suggest that the apparent expansion in overall range might be a transient effect potentially masking risk of metapopulation collapse with decreasing connectivity among local populations and future range collapses. Thus, future conservation of these communities might require of a more proactive management towards climate adaptation including

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

abundance control of herbivorous fishes, artificial assistance for thermal adaptation through selection of thermal-tolerant lineages, or relocation and translocation into cooler areas.

(Kumagai, N. H., J. García Molinos, H. Yamano, S. Takao, M. Fujii, and Y. Yamanaka 2018. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115: 8990–8995; doi: 10.1073/pnas.1716826115)

キーワード：気候変化速度、沿岸の熱帯化、群集フェーズシフト、分布範囲の推移
Keywords: climate velocity, coastal tropicalization, community phase shifts, range shifts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星水温分布を用いた西部瀬戸内海における藻場植生境界水温の推定
Estimation of temperature of seaweed bed vegetation boundary in the Western Seto Inland Sea using satellite SST

*吉江 直樹[1]、加部 晏諒[1]、島袋 寛盛[2]、吉田 吾郎[2]
*Naoki Yoshie[1], Anri Kabe[1], Hiromori Shimabukuro[2], Goro Yoshida[2]

1. 愛媛大学沿岸環境科学研究センター、2. 水産研究・教育機構
1. Center for Marine Environmental Studies, Ehime University, 2. Japan Fisheries Research and Education Agency

海藻や海草の群落である藻場は、沿岸漁業を支える重要な要素であり、その他にも非常に多くの生態系サービスを人類に提供している。近年、この藻場を構成する海藻種の変化や分布面積の縮小が深刻化しており、将来の藻場植生分布の変遷が注目されている。これまで、気候変動に伴う将来の海水温上昇に応答した藻場植生分布の変化を予測する研究がなされてきたが（Takao et al., 2014等）、時空間解像度が非常に粗く(10年平均・100km平均)、植生の境界となる水温が曖昧であるという問題点があった。そこで本研究では、南北に約100kmという狭い海域だが、南北の水温差に起因して藻場植生分布が大きく異なる豊後水道を対象に、高時空間解像度の衛星水温データと藻場植生分布図を用いて藻場植生の境界となる水温を求めることを目的とした。衛星水温データはNOAAのAVHRR Pathfinder ver. 5.3 (時間解像度:1983-2014年の昼夜12時間毎、空間解像度:4km)を、藻場植生分布図は瀬戸内海区水産研究所の島袋らによるGISマップ(1976-1977年・1988-1991年・2013-2014年、1km)を用いた。衛星水温は沿岸域ではかなりのバイアスを持つことがあるため、船舶による現場観測水温データ(愛媛県沿岸定線調査、 1962-2014年各月、10km)を用いて推定精度を評価した。藻場植生分布図から、①温帯性コンブ目藻場の南限、②その他の温帯性藻場の南限、③温帯性・亜熱帯性藻場の移行域の南限（亜熱帯性の北限）の3つの植生境界を抽出し、最寒月(2月)と最暖月(8月)の水温の時系列変化を解析することにより、上記3つの植生境界となる水温を求めた。衛星水温は、鉛直混合の活発な冬季には推定精度が高く、成層化する夏季には過大評価であった。これは成層化に伴い海表面に極薄く形成される高温のスキンレイヤーと大気中の水蒸気による影響と考えられた。3つの植生境界の水温は、①が2月14.5℃、8月26.0℃、②が2月15.0℃、8月26.5℃、③が2月16.0℃、8月27.0℃であることが明らかとなった。①は1990年頃から冬季水温の上昇に伴い変化が始まり、2000年代の夏季の高水温の影響を受け北上したものと推察され、②の変化には夏季よりも冬季の水温変化の影響が大きいこと、③における南からの亜熱帯性藻場の進出は元来そこに生息していた温帯性藻場北上に起因することが示唆された。また、推定された8月の閾値は+0.5℃程度のズレがある可能性が考えられる。

キーワード：藻場、気候変動、植生境界、リモートセンシング
Keywords: Seaweed bed, climate change, vegetation boundary, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海藻の有機物の行方と藻場内外の生態系に対する影響
Fate of macroalgal organic matter and its effects on in and outside of algal bed

*和田 茂樹[1]、大森 裕子[1]、濱 健夫[1,2]
*Shigeki Wada[1], Yuko Omori[1], Takeo Hama[1,2]

1. 筑波大学、2. 獨協大学
1. University of Tsukuba, 2. Dokkyo University

海藻藻場は単位面積当たりの光合成が地球上で最大級であることから、海藻は沿岸域の主要な有機物の生産者の一つとして知られている。このように、沿岸生態系における海藻の重要性は広く認識されているが、沿岸域は閉鎖的な環境ではなく外洋域と連続的につながっており、その影響は広域な空間スケールでも考慮すべきである。海藻の生産する有機物の行方の一つには、海底から脱離し広域に輸送されるものがあり、外洋域の生物によって利用される可能性がある。その他、藻体外に分泌される溶存態有機物(DOM: Dissolved Organic Matter)は、水塊とともに広域へ移動・拡散し、無機化されにくい難分解な画分は炭素隔離に寄与する可能性がある。我々は、藻場外へ輸送される有機物の定量的解析を基にして、海藻藻場の有する役割を広い空間スケールで明らかにすることを目的に、研究を行っている。

脱離した海藻の行方

沿岸域で不定期に生じる波浪などによって、海藻は断続的に脱離しそれらが広域に輸送されていく。我々は脱離量を定量化するため、静岡県下田市沿岸で海中林を形成しているカジメ(*Ecklonia cava*)を対象とし、その藻体にラベルを付けてラベルの消失過程から脱離量を解析した。その結果、カジメの光合成の2-3割が脱離して藻場内から失われることが明らかとなった。さらに、下田沖においてカジメの生育しない深度(水深50m)の海域で底生動物の多様性を解析したところ、脱離した個体が流されて加入した海底は底生動物の多様性が増大することが明らかとなった。

海藻由来のDOMの動態

カジメの藻体に袋をかぶせ、DOMの生産過程を明らかにした。さらに、藻場から沖合にかけてのDOMの空間分布の解析を行った。その結果、カジメは光合成の約4割をDOMとして放出しており、藻場から外洋にかけてのDOMの濃度勾配を作り出すことが明らかとなった。また、DOMの分解過程を明らかにするため、バクテリア分解および光化学的分解過程を実験的に検証したところ、海藻を由来とするDOMはバクテリア分解に抵抗性を有する一方で、光によって無機化および変性を受けやすいことが明らかとなった。すなわち、海藻の生産した有機物は水塊の移動とともに広域へ輸送されるが、表層においては太陽光によってその一部が分解を受ける。一方で、鉛直的な混合で強い光にさらされることのない深度まで輸送された画分は、バクテリアによる分解を受けず炭素隔離に寄与すると考えられる。

キーワード：海藻、脱離、溶存態有機物、分解
Keywords: Macroalgae, Dislodgement, Dissolved Organic Matter, Decomposition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)、座長:作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

9:00 ~ 9:15

[ACG45-01] 「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて

★招待講演

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3] (1.宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2.水産研究・教育機構、3.水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所)

9:15 ~ 9:30

[ACG45-02] GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3] (1.東海大学工学部、2.宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3.東海大学)

9:30 ~ 9:45

[ACG45-03] Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3] (1.北海道大学、2.アメリカ航空宇宙局、3.宇宙航空研究開発機構、4.東海大学)

9:45 ~ 10:00

[ACG45-04] **Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network**

*Salem Ibrahim Salem[1]、Hiroto Higa[2]、Kazuo Oki[1]、Taikan Oki[1] (1.The University of Tokyo、2.Yokohama National University)

10:00 ~ 10:15

[ACG45-05] 東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2] (1.横浜国立大学、2.宇宙航空研究開発機構)

10:15 ~ 10:30

[ACG45-06] 沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1] (1.横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府)

「しきさい」の250m解像度・多波長を活用した沿岸域での新たな情報抽出に向けて
Further information in the coastal areas from 250-m resolution multiple bands of GCOM-C “SHIKISAI”

*村上 浩[1]、清水 学[2]、鬼塚 剛[3]
*Hiroshi Murakami[1], Manabu Shimizu[2], Goh Onizuka[3]

1. 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター、2. 水産研究・教育機構、3. 水産研究・教育機構 瀬戸内海区水産研究所
1. Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Japan Fisheries Research and Education Agency, 3. National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Japan Fisheries Research and Education Agency

一般に沿岸域は外洋より複雑な光学特性を持つため、衛星データからクロロフィルa濃度のような生物量を推定するためには従来以上に水中の光学特性（吸収・散乱とその波長特性）の地域性を考慮する必要がある。しかし逆に、この光学特性を抽出できれば新たな環境情報として活用できる可能性もある。2017年12月に打ち上げられた気候変動観測ミッションGCOM-C「しきさい」搭載の多波長光学放射計（SGLI）は、可視～近赤外領域に250m空間解像度の観測チャンネルを持っているため、250mの解像度による従来よりも沿岸に近い海域における利用が期待される。SGLIの観測波長（380, 412, 443, 490, 530, 565, 672, 867nm）には、近紫外域（380nm）と比較的長波長域に吸収とベースラインのバンドとして利用可能な530nmと565nmのペアを持つ（比較的高濃度のクロロフィルa濃度でも吸収の影響が飽和しないため、高濃度域における推定に優位性がある）という特徴がある。

2018年8月1日、5日、13日の瀬戸内海の中央部において、Pstar-4（Ota et al., 2010）を用いて大気補正した565nmのGCOM-Cの海水射出反射率（r_w）が530nmのr_wに比べて高くなっているパッチ状の海域が確認されていた。試しに、NOMADデータ（Werdell, and Bailey, 2005）を用いた平均的なa_phやa_dgスペクトルを用いた水中光学特性モデルを用いて複数波長の水中射出反射率からa_ph/(a_ph+a_dg)比を推定すると（Lyon and Hoge, 2006; 村上, 2018）、上記のスペクトルの特徴に対応してa_phが周囲より相対的に大きい領域として推定された（Fig. 1）。植物プランクトンの吸収係数（a_ph）の530nmと565nmの波長間差（a_ph(530) - a_ph(565)）は有色溶存有機物とデトリタスの吸収係数（a_dg）の波長間差（a_dg(530) - a_dg(565)）に比べて一般に大きいため、それがr_wの波長間差を作っていた可能性がある。ただし、植物プランクトンの種類等によってa_phの波長特性が変わるため、それらが原因である可能性もある。残念ながら現場の光学観測が無いため確認できないが、この期間の瀬戸内海では赤潮が発生していたことが報告されており（水産庁、2018）、それと対応している可能性がある。

沿岸での衛星海水射出反射率推定における課題として残っているエアロゾルによる吸収の影響などを改善し、より効果的な沿岸情報として利用できるようにしたい。

参考文献

Ota, Y., A. Higurashi, T. Nakajima, and T. Yokota, 2010: Matrix formulations of radiative transfer including the polarization effect in a coupled atmosphere-ocean system, *J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **111**, 878-894.

Werdell, P. J., and S.W. Bailey, 2005: An improved bio-optical data set for ocean color algorithm development and satellite data product validation, *Remote Sens. Environment,* 98, 122-140.

Lyon, P., and F. Hoge, 2006: The Linear Matrix Inversion Algorithm, Chap. 7 of IOCCG Report Number 5, Remote Sensing of Inherent Optical Properties: Fundamentals, Tests of Algorithms, and Applications, Ed. by Z. Lee.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

村上浩、「第10 章　海色」、気象研究ノート第238号、静止気象衛星ひまわり8号・9号とその利用、岡本幸三、別所康太郎、吉崎徳人、村田英彦編、2019.
水産庁瀬戸内海漁業調整事務所、「瀬戸内海の赤潮」、平成30年8月

キーワード：GCOM-C、しきさい、SGLI、海色、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SHIKISAI, SGLI , ocean color, remote sensing

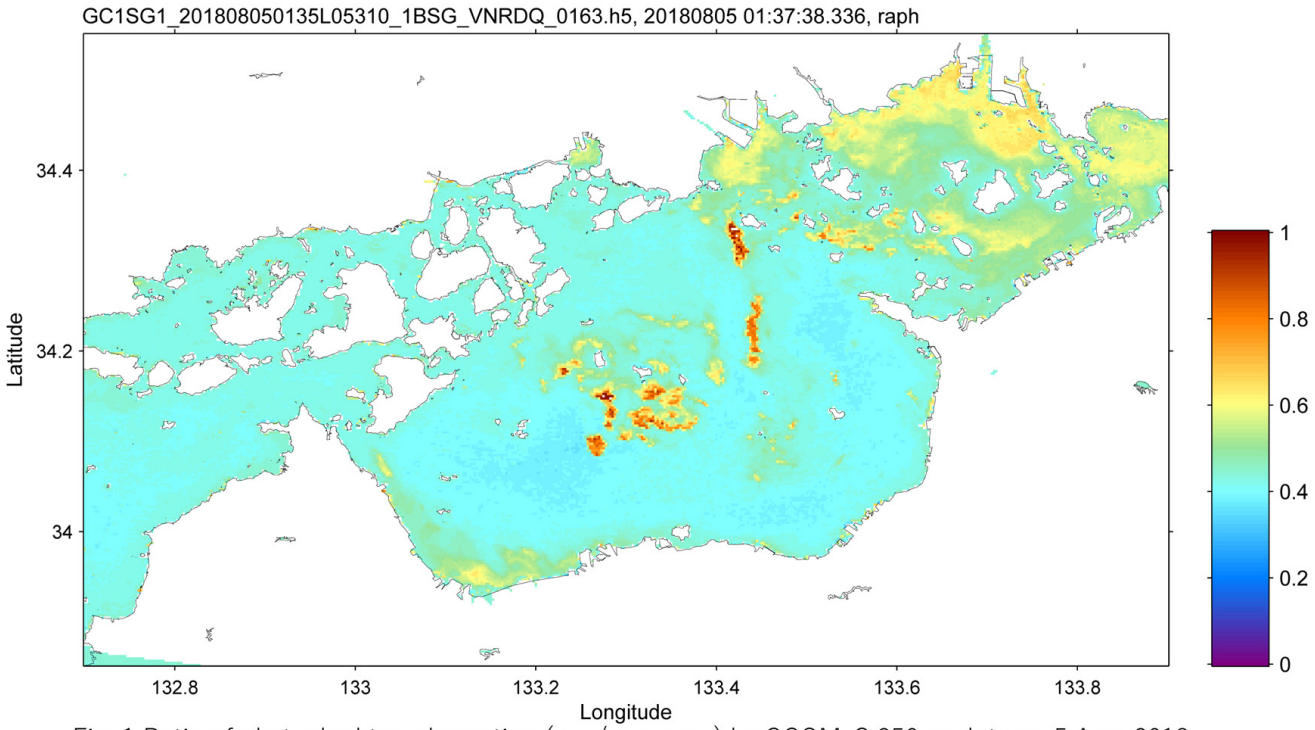


Fig. 1 Ratio of phytoplankton absorption (a_{ph} / a_{ph} + a_{dg}) by GCOM-C 250-m data on 5 Aug. 2018

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLI標準大気補正手法のアルゴリズムと処理結果
Features of GCOM-C/SGLI standard atmospheric correction scheme and its processing results

*虎谷 充浩[1]、緒方 一紀[2]、福島 甫[3]
*Mitsuhiro Toratani[1], Kazunori Ogata[2], Hajime Fukushima[3]

1. 東海大学工学部、2. 宇宙航空研究開発機構/地球観測研究センター、3. 東海大学
1. School of Engineering, Tokai University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency/Earth Observation Research Center, 3. Tokai University

2017年12月23日, 海色衛星「しきさい」（Global Climate Observation Mission/ Second Global Imager:GCOM-C/SGLI)が打ち上げられた. SGLIは, 可視・近赤外域(380-870nm)に11バンド, 短波長赤外域(1000-2210nm)に4バンド, 海水のわずかな色の変化を捉える輝度分解能を持ち, 250ｍ解像度で観測することができる. わずかな色の変化を観測するためには, 大気の吸収や散乱の影響の補正（大気補正）が必要である. JAXAの標準アルゴリズムとして使用されているSGLI用大気補正の特徴は, 外洋向けの従来の海色大気補正手法と, 沿岸の高懸濁物質濃度向けの短波長赤外域を使う手法を組み合わせている点である. この大気補正手法による処理結果について, MODISデータとの比較結果を報告するとともに, 残されている課題について説明する.

キーワード：海色リモートセンシング、大気補正
Keywords: ocean color remote sensing, atmospheric correction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Verification of GCOM-C/SGLI-derived chlorophyll *a* data in the western North Pacific during May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*

*鈴木 光次[1]、Stanford Hooker[2]、伊佐田 智規[1]、緒方 一紀[3]、虎谷 充浩[4]、村上 浩[3]
*Koji Suzuki[1], Stanford B. Hooker[2], Tomonori Isada[1], Kazunori Ogata[3], Mitsuhiro Toratani[4], Hiroshi Murakami[3]

1. 北海道大学、2. アメリカ航空宇宙局、3. 宇宙航空研究開発機構、4. 東海大学
1. Hokkaido University, 2. NASA, 3. JAXA, 4. Tokai University

The Second-generation Global Imager (SGLI) aboard the JAXA GCOM-C satellite was successfully launched on 23 December 2017. We conducted the first GCOM-C field campaign for the western North Pacific during 20–30 May 2018 aboard the R/V *Shinsei Maru*. During this expedition, in situ apparent optical property (AOP) measurements were made using a Compact-Optical Profiling System (C-OPS, Biospherical Instruments Inc.) in order to match up with SGLI data. Also, phytoplankton pigment samples were concomitantly collected from surface waters. A significant linear correlation (R^2 = 0.99, n = 6) was found between ultra-high performance liquid chromatography (UHPLC)-determined chlorophyll (Chl) *a* levels and those derived from C-OPS with the in-water algorithm OC3M6. However, the C-OPS values were underestimated by 32% as compared with the UHPLC data. This could be partly due to the higher pigment extraction efficiency of *N*,*N*-dimethylformamide (DMF) than other organic solvents such as methanol and acetone which are generally used in the world. During the field campaign, SGLI data were successfully matched up with in situ data at a station off Iwate Prefecture, Japan on 21 May. The SGLI-, C-OPS-, UHPLC- and Turner fluorometry-determined surface Chl *a* values were 0.546, 0.709, 0.847 and 1.21 mg m^{-3}, respectively. Other results obtained from the GCOM-C field campaign will also be shown in our presentation.

キーワード：GCOM-C/SGLI、海色、衛星リモートセンシング
Keywords: GCOM-C/SGLI, ocean color, satellite remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network

*Salem Ibrahim Salem[1], Hiroto Higa[2], Kazuo Oki[1], Taikan Oki[1]

1. The University of Tokyo, 2. Yokohama National University

Reflected sunlight from water bodies, which records by ocean color sensors, contains information of optical properties of water bodies (e.g., chlorophyll-a concentrations, absorption and backscattering coefficients). During the last few decades, researches have been proposed many approaches for monitoring water bodies by retrieving their optical properties. These approaches include bands ratio, semi-analytical algorithms, and spectrum matching. However, there is no accurate continuous monitoring on a global scale, particularly over inland lakes and coastal regions. This is mainly due to the nonlinear complexity of water environment. In additions, there are a few studies that used the synthetic simulated reflectance to train artificial neural network (ANN) models to be applied on a global scale. However, the recent revaluation of these ANN models over the Japanese and European lakes revealed their limitation to provide accurate monitoring of these water bodies. These results could be attributed to two main reasons; (1) inappropriate ANN architecture with one hidden layer which could not be suitable to represent the complex situation of water bodies. (2) the limitation of the synthetic simulated reflectance that used to train these models. The deep neural network (DNN) with multiple hidden layers could provide a promising approach to overcome these complexities. Up to 2006, there is no way to accurately train a DNN due to a Vanishing gradient problem. the recent advances of DNN enable researchers to efficiently use the DNN models with low cost. During the current research, the performance of a DNN model with three-, five- and seven-hidden layers under different architecture conditions will be presented. These conditions include different activation functions (i.e., sigmoid, Relu and TanH), different optimization technique (i.e, Adam optimizer and stochastic gradient descent) and with/without applying dropout technique. The DNN model was designed to receive water leaving reflectance of several ocean color satellites (e.g., Global Change Observation Mission –Climate (GCOM-C)). Nine water quality parameters are generating from the DNN model. Two independent simulated datasets comprising 100,000 water leaving reflectance spectra each were generated for training and testing the DNN models. The two simulated datasets cover wide ranges of Chla (0.01–250 $mg \cdot m^{-3}$), NAP (0.01–250 $g \cdot m^{-3}$), and CDOM (0.001–10 m^{-1}) concentrations, representing the open ocean, coastal areas, and inland lakes. The proposed technique was also validated using in-situ datasets (e.g., NOMAD dataset, and many Japanese lakes and coastal bodies) that represent various trophic statuses. The results reveal the ability of proposed technique to provide accurate retrieval of in-water optical properties as will be discussed.

Keywords: deep neural network, water quality, optical properties, Lakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Toward a global retrieval of in-water optical properties using Deep Neural Network

Salem Ibrahim Salem[1], Hiroto Higa[2], Kazuo Oki[1], Taikan Oki[1]
[1] Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.
[2] Faculty of Urban Innovation, Yokohama National University, Japan.

Corresponding e-mail: salem@rainbow.iis.u-tokyo.ac.jp and eng.salemsalem@gmail.com

Reflected sunlight from water bodies, which records by ocean color sensors, contains information of optical properties of water bodies (e.g., chlorophyll-a concentrations, absorption and backscattering coefficients). During the last few decades, researches have been proposed many approaches for monitoring water bodies by retrieving their optical properties. These approaches include bands ratio, semi-analytical algorithms, and spectrum matching. However, there is no accurate continuous monitoring on a global scale, particularly over inland lakes and coastal regions. This is mainly due to the nonlinear complexity of water environment. In additions, there are a few studies that used the synthetic simulated reflectance to train artificial neural network (ANN) models to be applied on a global scale. However, the recent revaluation of these ANN models over the Japanese and European lakes revealed their limitation to provide accurate monitoring of these water bodies. These results could be attributed to two main reasons; (1) inappropriate ANN architecture with one hidden layer which could not be suitable to represent the complex situation of water bodies. (2) the limitation of the synthetic simulated reflectance that used to train these models. The deep neural network (DNN) with multiple hidden layers could provide a promising approach to overcome these complexities. Up to 2006, there is no way to accurately train a DNN due to a Vanishing gradient problem. the recent advances of DNN enable researchers to efficiently use the DNN models with low cost. During the current research, the performance of a DNN model with three-, five- and seven-hidden layers under different architecture conditions will be presented. These conditions include different activation functions (i.e., sigmoid, Relu and TanH), different optimization technique (i.e, Adam optimizer and stochastic gradient descent) and with/without applying dropout technique. The DNN model was designed to receive water leaving reflectance of several ocean color satellites (e.g., Global Change Observation Mission – Climate (GCOM-C)). Nine water quality parameters are generating from the DNN model. Two independent simulated datasets comprising 100,000 water leaving reflectance spectra each were generated for training and testing the DNN models. The two simulated datasets cover wide ranges of Chla (0.01–250 $mg \cdot m^{-3}$), NAP (0.01–250 $g \cdot m^{-3}$), and CDOM (0.001–10 m^{-1}) concentrations, representing the open ocean, coastal areas, and inland lakes. The proposed technique was also validated using in-situ datasets (e.g., NOMAD dataset, and many Japanese lakes and coastal bodies) that represent various trophic statuses. The results reveal the ability of proposed technique to provide accurate retrieval of in-water optical properties as will be discussed.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京湾におけるGCOM-C/SGLIを利用した大気-水中結合アルゴリズムの開発

Development of atmosphere and in-water combining algorithm using GCOM-C/SGLI in Tokyo Bay

*中山 大雅[1]、比嘉 紘士[1]、緒方 一紀[2]
*Taiga Nakayama[1], HIROTO HIGA[1], Kazuki Ogata[2]

1. 横浜国立大学、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Yokohama National University, 2. Japan Aerospace eXploration Agency

2017年12月末に打ち上げられたGCOM-C/SGLIは，同地点を2-3日に1度の割合で観測すると共に、沿岸域を250ｍ空間分解能で観測する優れた時空間分解能を有しており、面積が小さく、環境変動の大きい沿岸域のモニタリングに期待されている。しかしながら、沿岸域は水中の光環境が複雑に変化するため、高精度な水質推定が非常に難しい状況である。伝統的な海色大気補正アルゴリズムでは近赤外域の水中射出光を０と仮定して大気中散乱光を推定した後に可視域の水中射出光を求めるが、沿岸域の様に水中で有機物や無機物が著しく増加する場合は近赤外域の水中射出光が増大し仮定が成り立たなくなるため、エアロゾル反射率を過剰推定し可視域海水反射率の推定に誤りが生じる。これを改善するために反復的手法により近赤外域の水中射出光を推定しながらエアロゾル散乱光を推定する方法があり、水中モデルが海域に対して適当であれば高精度な海水反射率の推定が可能となる。SGLIは外洋域等の低懸濁海域においてこの反復的手法を用いており、沿岸域等の高懸濁海域では水中モデルを用いずに短波長赤外チャンネルから大気散乱光を推定し海水反射率を求めているが、その精度は高懸濁海域ほど良くはない。

そこで本研究では、有機物が卓越する東京湾を対象として大気補正モデルと沿岸域に適した水中モデルを組み合わせたアルゴリズムの開発を試みた。これは大気補正の段階において使用される水中モデルを、東京湾のSIOPs(Specific inherent optical properties)の実測値に基づき作成されたBio-Opticalモデルに組み替え、Chl-a(Chlorophyll-a)、CDOM(Color dissolved organic matter)、NAP(Non algal particles)に基づきエアロゾルモデル選択及び各波長の反射率を繰り返し計算により推定する手法となっている。この結果、通常のSGLIの大気補正と比較して、高精度にRrs及びChl-aを推定することが可能となった。

キーワード：大気補正、G-COMC、東京湾
Keywords: atmospheric correction, SGLI, TokyoBay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸域、湖沼における放射伝達シミュレーションによる後方散乱係数の不確実性に関する解析

Analysis of the uncertainty of backscattering coefficient by radiative transfer simulation in coastal areas and lakes

*瀧 英人[1]、比嘉 紘士[1]、中村 由行[1]、鈴木 崇之[1]
*Hidehito Taki[1], Hiroto Higa[1], Yoshiyuki Nakamura[1], Takayuki Suzuki[1]

1. 横浜国立大学大学院　都市イノベーション学府
1. Graduate School of Urban Innovation, Yokohama National University

沿岸域・湖沼では、陸域及び内部生産起源の様々な物質が水中に混在するため、水色の変化が非常に複雑である.

そのため、水中の放射伝達シミュレーションでは、基礎パラメーターとなる物質濃度あたりの固有光学特性が時空間的に大きく変化することが原因となり、計算精度に誤差が生じる. 特に後方散乱係数の不確実性は、放射伝達の計算において主な誤差要因であることが指摘されている（Lain et al., (2017)）.

そこで本研究では、東京湾、霞ヶ浦、タイランド湾、瀬戸内海といった光学特性が異なる沿岸域・湖沼において現地観測を実施し、各水域における水質、見かけの光学特性、固有光学特性を測定し、放射伝達計算のため基礎パラメーターを収集した.

また、各水域ごとの比光吸収係数、比後方散乱係数の実測値を使用し、Mobley et al., (2000)のHydrolight4.1を用いて放射伝達シミュレーションを実施した.その結果、水中の粒子散乱形態を表現するBackscattering probabilityの変動により、R_{rs}の計算値は著しく変動することが分かった.

これは、粒子の特性による散乱形態の変動を適切に考慮できていないことが原因であることが示唆された.

キーワード：海色リモートセンシング、沿岸域・湖沼、放射伝達シミュレーション、固有光学特性、後方散乱率
Keywords: Ocean color remote sensing, Coastal areas and lakes, Radiative transfer simulation, Inherent optical properties, Backscattering probability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 103 1F

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)、座長:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

10:45 ~ 11:00

[ACG45-07] 静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1] (1.横浜国立大学)

11:00 ~ 11:15

[ACG45-08] GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4] (1.広島大学、2.横浜国立大学、3.山梨大学、4.東海大学)

11:15 ~ 11:30

[ACG45-09] Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2] (1.千葉大学、2.筑波大学)

11:30 ~ 11:45

[ACG45-10] **Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration**

*Eligio de Raus Maure[1]、Genki Terauchi[1]、Joji Ishizaka[2] (1.Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University)

11:45 ~ 12:00

[ACG45-11] Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1] (1.公益財団法人環日本海環境協力センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

静止海色衛星による硫黄の光学特性に基づいた青潮推定手法の開発
Development of a blue tide estimation method based on the optical properties of sulfur colloid particles by geostationary ocean color satellite

*比嘉 紘士[1]、中村 航[1]
*HIROTO HIGA[1], WATARU NAKAMURA[1]

1. 横浜国立大学
1. Yokohama National University

東京湾や三河湾では、夏季から秋季にかけて青潮が度々発生する。青潮は、底層の無酸素水塊中で溶出した硫化水素が、酸素と反応することにより硫黄のコロイド粒子へと形態を変え、これが風等の外力によって表層へ湧昇することで発生する。硫黄のコロイド粒子は、水表面において光を強く散乱するため、青白く見えることから青潮と呼ばれている。青潮が大規模な場合には、魚介類死滅し、漁業被害に繋がることもあるため、重大な環境問題として認識されている。青潮は、短期スケールで発生する現象であることから空間的挙動を捉えることが困難である。そのため、時空間的観測に優れた静止海色衛星を利用した青潮のモニタリングが期待されている。

既往の研究では、660 nmにおけるRrs（Remote Sensing Reflcetance）の単バンドを使用した簡易的な硫黄推定手法が提案されている（比嘉ら、2017）。しかしこの簡易的な硫黄推定手法では、硫黄のコロイド粒子による散乱とそれ以外のデトリタスの散乱を分離することは困難である。そこで本研究では、硫黄自体の光吸収係数、後方散乱係数を計測することによって、これらの固有光学特性に基づいた青潮に特化したBio-Opticalモデルを構築した。さらに、QAA（Quasi Analytical Algorithm）に基づき、硫黄とそれ以外のデトリタスの散乱を分離し、硫黄濃度を推定する手法を開発した。

キーワード：青潮、静止海色衛星
Keywords: Blue tide, Geostationary Ocean Color Satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C SGLIデータによる西日本豪雨直後の瀬戸内海の水質・赤潮分布特性

Characteristics of water quality and red tide distribution in the Seto Inland Sea immediately after heavy rain in the western Japan by GCOM-C SGLI data

*作野 裕司[1]、比嘉 紘士[2]、小林 拓[3]、虎谷 充浩[4]
*Yuji Sakuno[1], Hiroto Higa[2], Hiroshi Kobayashi[3], Mitsuhiro Toratani[4]

1. 広島大学、2. 横浜国立大学、3. 山梨大学、4. 東海大学
1. Hiroshima University, 2. Yokohama National University, 3. Yamanashi University, 4. Tokai University

2018年7月初旬に西日本豪雨災害が発生した．この豪雨の後，瀬戸内海では河川からの大量の土砂流出や赤潮の被害が起こった．一方，2017年12月末に打ち上げられたGCOM-C SGLIは，250ｍの解像度で，2-3日に1回，Chla（Chlorophyll-a），TSM（Total Suspended Matter），CDOM（Color Dissolved Organic Matter），SST（Sea Surface Temperature），Rrs（Remote Sensing Reflectance）の標準プロダクトデータがJAXA（The Japan Aerospace Exploration Agency）から提供される．本研究では，まず2018年12月に正式リリースされたこれらのプロダクトデータ（レベル2）の精度検証結果が報告される．次に，Rrsプロダクトから瀬戸内海で発生した有害赤潮（主にシャトネラとカレニア）分布の推定手法も検討される．研究の対象期間は主として2018年6月～8月のである．これらの結果としてSGLIプロダクトは，この水域においても目標精度を満たしており，豪雨後約1か月の瀬戸内海における水質分布や赤潮分布の特性が明らかになった．

キーワード：赤潮、豪雨、衛星
Keywords: red tide, heavy rain, satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of Satellite Remote Sensing to Monitor Eutrophication Status of Inland Lakes

*楊 偉[1]、松下 文経[2]
*Wei Yang[1], Bunkei Matsushita[2]

1. 千葉大学、2. 筑波大学
1. Chiba University, 2. University of Tsukuba

Eutrophication of inland lakes is becoming a severe environmental issue all over the world. Routine monitoring of eutrophication status of inland lakes is essential for guaranteeing sustainable development of freshwater resources. The coupled spatial and temporal heterogeneity of water bodies often result in inadequate monitoring and characterization of water quality by using conventional sampling methods. On contrast, satellite remote sensing is quite flexible for monitoring the eutrophication status of inland lakes in terms of being able to cover large spatial areas at very frequent intervals. However, remote sensing of inland lakes has been far less successful than that of open oceans, due mainly to the complex interactions among optically active substances in the lake waters, as well as the difficulties in atmospheric correction. In this presentation, we will introduce our state-of-the-art remote sensing algorithms for estimating Chlorophyll-a concentrations (Chl-*a*) and Secchi disk depth (SDD), which have been widely used to evaluate the eutrophication status of lakes. These algorithms have been extensively validated using extensive in situ collected data sets, yielding satisfactory performances in overcoming the difficulties in remote sensing of turbid inland lakes. Application studies on satellite-based operational monitoring of Chl-*a* and SDD in several lakes of Japan will also be presented. Assessment results demonstrated that the proposed algorithms have the potential of being applied to operationally monitor water quality of inland lakes.

キーワード：inland lake、satellite remote sensing、water quality
Keywords: inland lake, satellite remote sensing, water quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring the Potentials of Google Earth Engine for Global Assessment of Coastal Eutrophication Based on Chlorophyll-*a* concentration

*Eligio de Raus Maure[1], Genki Terauchi[1], Joji Ishizaka[2]

1. Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Eutrophication is either emerging or growing environmental issue in many parts of the global marine systems in the ocean. This deterioration in water quality in the coastal regions may at times result in the appearance of harmful algal blooms or hypoxic conditions that affects large spatial and temporal scales with serious damages to the environment and economy, and the marine ecosystem itself. To assess the coastal eutrophication the Special Monitoring and Coastal Environment Assessment Regional Activity Centre (of the Action Plan for the Protection, Management and Development of the Marine and Coastal Environment of the Northwest Pacific Region of the United Nations Environmental Programme) developed a screening procedure to detect symptoms of eutrophication based on satellite observations of chlorophyll-a concentration. The methodology was originally developed for the Toyama Bay, Japan and later applied to the whole Northwest Pacific region. In this presentation, we introduced the method and its applicability to the global ocean. Furthermore, we also introduce the potentials of the Google Earth Engine (GEE)—a cloud-based tool with planetary-scale analysis capability—for future coastal eutrophication assessment based on recent higher resolution ocean colour sensors such as SGLI on GCOM-C with 250 m or Sentinel-3 with 300 m spatial resolutions. Once the GEE is proven useful, it will be an important tool in providing rapid assessment of the status of marine systems in many regions where the information on the status and extent of coastal eutrophication is very limited.

Keywords: coastal eutrophication, assessment, satellite, chlorophyll-a concentration, google earth engine

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal and interannual variability of seagrass distribution detected by Landsat TM, ETM+ and OLI images in western Nanao Bay

*寺内 元基[1]
*Genki Terauchi[1]

1. 公益財団法人環日本海環境協力センター
1. Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center

Western Nanao Bay is known for being a home to massive seagrass beds. A massive die-off of seagrass was reported in 2012 in this area, possibly due to high water temperature in summer. Archive images of Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Operational Land Imager (OLI) were obtained from USGS to detect seasonal and interannual variability of seagrass distribution. Ground truthing survey with an underwater video camera were carried out from a small boat to study sea floor substrates on June 1, 2 and 16 in 2016. Still photos were also taken from a Stand Up Paddleboard on June 1, 2016 to study seagrass species in a very shallow (< 1m) water area. Information of sea floor substrates obtained from the field survey was then used to classify sea floor types. Six classes of training data were then prepared for classifying the Landsat OLI image observed on June 1, 2016 namely: (1) dense seagrass, (2) dense seagrass with *Sargassum*, (3) *Sargassum*, (4) sandy bottom, (5) mud and (6) exposed sand. Supervised classification of the bottom substrates was carried out by the maximum likelihood method using bands of Red, Green and Blue or ratios of Green/Blue, Green/Red, Blue/Red and Green/Coastal bands corrected with the Depth Invariant Index (DII) method. Accuracy assessment showed better results in the DII corrected band ratios: overall accuracy of 0.73 and tau coefficient of 0.66.

To study seasonal and interannual variability for seagrass, past Landsat archive images were analyzed to detect seagrass distribution. Since past field data of seagrass distribution were not sufficient, the K means unsupervised classification technique with the six classes was applied for mapping the seagrass distribution from past Landsat archive images. The classification result of the Landsat OLI image on June 1, 2015 was used as a reference to determine seagrass distributions as it had a good compliance with the ground truth data. Since two out of the six classes obtained from the unsupervised classification corresponded to a distribution pattern of (1) the dense seagrass and (2) the dense seagrass with *Sargassum* classes from the June 1, 2015, these two classes were merged into one class to represent seagrass distribution in Western Nanao Bay. A comparison of seasonal patterns of seagrass distribution estimated by the unsupervised classification of the Landsat archive data from November 22, 1991 to June 1, 1992 and from November 21, 2014 to June 1, 2015 showed consistent similar seasonal pattern; indicating seagrass recovery between late fall to early summer, which corresponds to seagrass seed germination periods. The Landsat archive data during the seagrass seed germination periods were also obtained to study interannual variability of seagrass distribution. The obtained results showed that there are fewer seagrass years (1994, 1996 and 1999) and more seagrass years (2000, 2004, 2007 and 2008) during the seagrass seed germination periods, indicating the survival rate of seagrass varied depending on the year.

キーワード：アマモ、ランドサット、リモートセンシング、マッピング、七尾湾
Keywords: seagrass, landsat, remote sensing, mapping, Nanao Bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental

Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介
About GCOM-C/SGLI Ocean Standard Products

*緒方 一紀[1]
*Kazunori Ogata[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

地球観測変動観測ミッションにおいて気候変動を観測する衛星 (Global Change Observation Mission-Climate: GCOM-C)「しきさい」が2017年12月23日にJAXAにより打ち上げられた。しきさいには多波長光学放射計 (Second Generation Global Imager : SGLI)が搭載されており、近紫外から熱赤外 (波長: 380nm ~ 12um) を19チャンネルで観測する。

SGLIの海洋標準プロダクトは７つのパラメータと２つの処理レベルから成る。パラメータは波長380、412、443、490、530、 565と673.5nmの海水射出放射輝度 (NWLR) [W/m^2/sr/um]、波長673.5と868.5nmのエアロゾル光学的厚さ (TAUA) [-], 光合成有効放射量(PAR) [Ein/m^2/day]、懸濁物質濃度 (TSM) [g/m^3]、波長412nmの有色溶存有機物吸光係数 (CDOM) [m^-1] から成る。処理レベルは空間解像度と時間解像度によってLevele-2とLevel-3に分けられる。

打ち上げから約1年を経て、全ての海洋標準プロダクトがリリース基準の精度を達成し、JAXA G-Portalから2018年12月20日より提供が開始された。

キーワード：GCOM-C、SGLI、海色、海面水温、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Ocean color, SST, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証
Verification of GCOM-C/SGLI product in coastal area

*石坂 丞二[1]
*Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2017年12月にGCOM-C/SGLIが打ちあがり、2018年12月からデータ公開が開始された。2018年中に東シナ海、伊勢湾、有明海等で、検証用のリモートセンシング反射率、クロロフィルa等のデータを取得したため、本発表では特に沿岸域での精度の検証を行った結果を発表する。

キーワード：海色衛星検証、沿岸域、クロロフィルa、リモートセンシング反射率、懸濁物、海色溶存有機物
Keywords: validation of ocean color data, coastal area, chlorophyll-a, remote sensing reflectance, suspended matter, colored dissolved organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類
Hyperspectral Radiometry towards Classification of Marine Phytoplankton Groups

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3]
*Takafumi Hirata[1], Robert J.W. Brewin[2], Girgio Dall'Olmo[2], Mariana Altenburg Soppa[3], Astrid Bracher[3]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. プリマス海洋研究所、3. アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Plymouth Marine Laboratory, 3. Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research

Marine phytoplankton plays an essential role in marine ecosystems as a primary producer. Generally, a trophic transfer food chain via large-sized phytoplankton can be found in the oceans at higher latitudes and/or in coastal waters. On the other hand, a trophic transfer via middle- and/or small-sized phytoplankton can be found in the oceans at lower latitudes. As a first approximation, a cell size of phytoplankton is associated with taxonomic groups (e.g. diatoms are often large in size whereas cyanobacteria are usually small). In addition, phytoplankton in a taxonomic group often possesses a characteristic photosynthetic and/or photoprotective pigment(s) (e.g. diatoms contain fucoxanthin while cyanobacteria zeaxanthin). As a result, a taxonomic group are linked as a first approximation to a specific size class and a pigment(s), so that the groups may be inferred from the size and pigments. Both of the cell size distribution and the pigments affects optical, or spectral signature of phytoplankton. Hence, once the spectral signature of phytoplankton is obtained, their taxonomic detection/classification may be possible. In the present technology, a radiometric observation, either in situ or from space, enables the detection of the signature. Currently, it is an open question what, and how many, spectral bands are required for the accurate detection/classification of the phytoplankton, especially when phytoplankton taxonomic composition is complex and when other optically-active components interplay in the radiometric measurements. In this presentation, a preliminary result towards answering the question is presented using in situ hyperspectral radiometric measurements obtained in the Atlantic Ocean. Our result shows that radiometric measurements at many spectral bands are correlated with each other. While the correlation strength differs among spectral bands in question, radiometric measurements at these bands are correlated to the concentration of chlorophyll-a, a pigment commonly found in phytoplankton groups. The correlation with chlorophyll-a was even found at spectral bands where chlorophyll-a little absorbs the light. This may be due to another correlation between the chlorophyll-a concentration and other phytoplankton pigments, the latter of which absorb the light at the spectral band where chlorophyll-a does not. The pigment co-variation implies that a correlation between the radiometric measurements and any pigment concentration does not guarantee the optical detection of the pigment signature, and a more careful analysis is required when the radiometric measurements are analyzed.

キーワード：ハイパースペクトル、リモートセンシング 、植物プランクトン
Keywords: hyperspectral, remote sensing, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1]
*Toru Hirawake[1], Takuhei Shiozaki[2], Hisatomo Waga[1], Koji Suzuki[1]

1. 北海道大学、2. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. JAMSTEC

Net primary production (NPP) of phytoplankton is important to understand the global carbon cycle and marine ecosystem. While the majority of satellite NPP models use chlorophyll *a*(chl-*a*) concentration as a proxy of phytoplankton biomass, several NPP models use absorption coefficient of phytoplankton. An NPP models for Japanese new ocean color sensor, Second-generation GLobal Imager (SGLI), was developed based on the phytoplankton absorption to reduce estimation errors of chl-*a*due to pigment packaging and turbid water. However, sufficient validation in the open ocean has not been carried out. In this study, we obtained NPP data in the Pacific Ocean and compared with satellite-derived NPP applying the SGLI NPP model to MODIS data. The model overestimated the lower values of NPP less than 1000 mg m^2d^{-1}. Newly developed model considering response to daily averaged photosynthetically available radiation (PAR) showed better performance than previous one. However, bias and errors were still detected for a part of data. We will also discuss possibility of temperature dependency on this NPP model.

キーワード：海色リモートセンシング、基礎生産、植物プランクトン
Keywords: ocean color remote sensing, primary production, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み
Attempt to distinguish river water influencing concentration of chlorophyll *a* off Miho Peninsula

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2]
*Akihiko Tanaka[1], Kyoko Takashima[2], Gen Fukuda[2], Takaaki Katsumata[1], Hiroyuki Tan[1], Masato Niki[2], Daisuke Takahashi[2]

1. 東海大学清水教養教育センター、2. 東海大学海洋学部
1. Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus, Tokai University, 2. School of Marine Science and Technology, Tokai University

これまでの海色リモートセンシングによる観測の結果から，駿河湾内において東部よりも西部のほうが相対的に高いクロロフィルa濃度を示す．一因として，駿河湾に流入する大きな河川は，駿河湾の東側よりも西側に多く存在する．三保半島は，駿河湾西部に位置し，北には，富士川や興津川の河口があり，南には安部川の河口が存在する．三保半島の沖合においても，高いクロロフィルa濃度が観測される．海色リモートセンシングによるクロロフィルa濃度画像から，どの河川の影響でクロロフィルa濃度が高くなっているか経験的に判別できる場合がある一方で，クロロフィルa濃度画像だけでは，判別が困難な場合が存在する．駿河湾では，駿河湾フェリーが清水港と土肥港を一日4往復している．これまでに，駿河湾フェリーのAIS（Automatic Identification System, 自動船舶識別装置）情報から針路の法線方向の流れを推定できる可能性が示唆されている．駿河湾フェリーの航路はおよそ東西方向であるため，南北方向の流れを得ることができる．本研究では，駿河湾のクロロフィルa濃度画像に，AIS情報から推定した流れの情報を加えることによって，三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試みた．

キーワード：海色リモートセンシング、駿河湾、AIS
Keywords: Ocean color remote sensing, Suruga Bay, AIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

Estimation of chlorophyll-a from RGB digital camera data collected in Ise-Mikawa Bay

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1]
*Akiko N. Mizuno[1], Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

デジタルカメラデータのRGB表色系値を用いた、光合成生物と環境条件の調査方法は、この２０年間で様々な研究がなされてきた。例えば、海域ではスマートフォンカメラを用いた水質の推定(Leeuw and Boss 2018)や、航空写真からの海草植生の検出とクロロフィルa濃度の推定(Goddijn and White 2006)などがあるが、海洋域だけでなく陸域などさまざまな地域で調査のために活用される背景には、デジタルカメラの携帯性と利便性、低価格であることがあげられる。また、観測可能性が天候によって左右されることがないため、衛星観測に対する補助的、追加的な調査としてデジタルカメラの有用性は大きいと言える。本研究では、伊勢三河湾において撮影されたデジタルカメラ写真のRGB表色系値を解析することによって、クロロフィルa濃度の推定方法の構築を試みた。伊勢三河湾ではSeaWiFSおよびMODISデータを用いたクロロフィルa濃度の推定方法がHayashiら(2015)によってなされているが、デジタルカメラデータによる方法は構築されていない。

我々は、伊勢三河湾の観測航海によってクロロフィルa濃度、海表面、18%グレー版および天空のデジタルカメラ撮影写真、連続スペクトル分光放射計(RAMSES/TriOS)による海表面輝度および天空照度のスペクトルデータを採集した。デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の誤差は、海面反射、波長数の少なさ、データ圧縮やデジタル化による情報劣化など様々な要因によって生じると考えられる。本研究では海面反射について考察するため、分光放射計による海面輝度データは、海面反射の影響を最小に抑えることができるドーム法（Tanaka et al 2006）と、甲板上から撮影されたデジタルカメラデータと同条件で採集された甲板法の２種類を得、デジタルカメラデータのRGB表色系値と比較するためにCIE等色関数によってスペクトルデータをRGB値へと変換した（それぞれドーム法変換RGB値、甲板法変換RGB値とする）。デジタルカメラ写真のRGB値とは、甲板法変換RGB値の方が相関が高く、ドーム法とは関係性が低かった。また、甲板法変換RGB値によるクロロフィルa濃度推定の誤差が、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa濃度推定の誤差量とほとんど同じ大きさであったため、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の主な誤差要因は海面反射の影響が大きいことが推察された。

L.M. Goddijn; M White, Using a digital camera for water quality measurements in Galway Bay, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2006), 66, 429-436.

M. Hayashi; J. Ishizaka; M. Toratani; T. Nakamura; Y. Nakashima; S. Yamada; Evaluation and Improvement of MODIS and SeaWIFS-derived Chlorophyll a Concentration in Ise-Mikawa Bay, Journal of The Remote Sensing Society of Japan (2015), 35, 245-259.

T. Leeuw; E. Boss, The HydroColor App: Above Water Measurements of Remote Sensing Reflectance and Turbidity Using a Smartphone Camera, Sensors (2018), 18, 256-271.A. Tanaka; H. Sasaki; J. Ishizaka, Alternative measuring method for water-leaving radiance using a radiance sensor with a domed cover,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optics Express(2006), 14(8), 3099-3105

キーワード：沿岸域、クロロフィルa濃度推定、RGB値、デジタルカメラ写真、海面反射
Keywords: Coastal region, Estimation of Chl.a concentration, RGB values, digital camera image, sea surface reflection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1], Joji Ishizaka[2], Joaquim I. Goes[3], Hongzhen Tian[4], Elígio R. Maúre[5], Masataka Hayashi[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 2. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 3. Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US., 4. School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China., 5. Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan., 6. Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.

Red tide occurs more frequently in the Ariake Bay since 1990s, and it has greatly damaged the local fisheries, especially the nori farms. Increase of water transparency and reduction of tidal currents were also reported recently, and they may be related to the increase of the frequency of red tides. It is also reported that another cause of the red tide is the river discharge. Satellite remote sensing is suggested to be used to monitor the red tide. In this study, the newly developed MODIS-derived chlorophyll-a (Chl-a) and total suspended matter (TSM) was used to investigate the relationship between Chl-a and TSM and the seasonal variations of influences of spring-neap tides and river discharge. We observed that 1) high Chl-a (>5 mg m^{-3}) and high TSM (>5 g m^{-3}) were generally distributed in the areas off Saga, Kumamoto and Yatsushiro, and Isahaya Bay where the main river systems discharge the fresh water; 2) the magnitude of Chl-a was highest in summer, and decreased gradually from autumn to spring, which corresponded to the amount of river discharge which concentrates in summer and early autumn (June-September); 3) in the spring-neap tidal cycle, TSM was much higher in neap to spring (NS) and spring (S) tide than in spring to neap (SN) and neap (N) tide, which was consistent with the tidal suspension. On the other hand, Chl-a was often increased after high river discharge peak and the variation of Chl-a was small when the river discharge peak was small, indicating that the variation of Chl-a was mainly influenced by the river discharge. The variation of TSM in the spring-neap tidal cycle was mainly regulated by the tidal suspension, whereas the variation of Chl-a was more controlled by the river discharge than the tidal resuspension.

Keywords: MODIS, chlorophyll-a, total suspended matter, seasonal variability, spring-neap tides, river discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1], Joji Ishizaka[2], Anukul Buranapratheprat[3], Jitraporn Phaksopa[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 3. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 4. Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

Green *Noctiluca scintillans*, the peculiar single cellular heterotrophic organism containing green algae called *Pedinomonas noctilucae*, frequently causes harmful algal bloom (HAB) in the upper Gulf of Thailand (uGoT). The high density of green *Noctiluca* discolors the water to deep milky green, and it has the potential to generate low dissolved oxygen (hypoxia) in the water column resulting in massive fish mortality. The co-occurrence of green Noctiluca and other phytoplankton species (e.g., *Ceratium furca* and diatoms) was often reported. Heretofore, the behavior of red tides has not been clarified. In this study, we, therefore, focus on investigating the dominant spectral characteristics of each HAB species and developing an algorithm to discriminate green *Noctiluca* from the other harmful species. The ship observations (2017 –2018) were conducted to obtain the apparent and inherent optical properties as well as the pigment information of green *Noctiluca* blooms. Fortunately, the super green *Noctiluca* blooms (>1,500,000 cell L^{-1}) occurred near the west coast of the uGoT in July 2017. The remote sensing reflectance spectra measured by using the RAMSES hyperspectral radiometer (320 nm –950 nm) revealed the crucial features of green *Noctiluca* in near-infrared wavelengths. The different characteristics of green *Noctiluca* and other HAB species were also found in visible wavelengths. The investigated features were used in the discrimination method to detect the green *Noctiluca* bloom using satellite observation in the near future.

Keywords: green Noctiluca, the upper Gulf of Thailand, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand

*Dudsadee Leenawarat[1], Anukul Buranapratheprat[2], Joji Ishizaka[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan, 2. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

The Gulf of Thailand (GoT) is semi-enclosed sea located in the western part of the South China Sea. This area is important to fisheries production in this region. The satellite data can reveal the primary production through chlorophyll-a (Chl-a) which is basic for the food chain. The objectives of this study are to investigate the variation and spatial distribution patterns of Chl-a in the GoT by using long-term satellite data from SeaWiFS (1997-2010), MERIS (2002-2012), MODIS AQUA (2002-2018), and VIIRS (2012-2018) level 3 compared with oceanographic conditions from previous study and circulation model name Princeton Ocean Model (POM). Tide and climatological data of wind, salinity, temperature and river discharge are forcing in the model. The results from averaged monthly Chl-a concentration in the central GoT illustrate low Chl-a concentration occurred in transition periods (April-May, and October) by lowest in May when the water column was stratified. High Chl-a concentration occurred during the northeast monsoon (November to February) with the highest in December when the water column was well mixed, and a small peak was found during June to August. Hight Chl-a was found along the coast, especially near the northern coast in the southwest monsoon (June to October). During the northeast monsoon Chl-a near cape CaMau spread offshore, due to strong surface currents flew into GoT from the southern part of cape CaMau to the middle of GoT mouth.

Keywords: Gulf of Thailand, Chlorophyll-a, Variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1], Joji Ishizaka[2], Mengmeng Yang[1], Naoki Fujii[3], Masahiro Hori[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Graduate School of Agriculture, Saga University, 4. EORC, JAXA

The AERONET (**AE**rosol **RO**botic **NET**work) project is a federation of ground-based remote sensing aerosol networks established by **NASA** and **PHOTONS** and is greatly expanded by networks from national agencies, institutes, universities, individual scientists. AERONET –Ocean Color (AERONET-OC) provides the additional capability of measuring the radiance emerging from the sea. In April 2018, a new station of AERONET-OC has been set by JAXA for GCOM-C validation in Ariake Bay located in Kyusyu, Japan where the seaweed (Nori) culture very famous. Aerosol Optical Depth (AOD) and remote sensing reflectance (Rrs) is considered as the most important products of AERONET-OC since the estimation of chlorophyll-a concentration by ocean color satellite is usually not so accurate in coastal areas because of the inaccurate satellite remote sensing reflectance (Rrs) influenced by aerosol. This study is to make a brief description of the time series of the AERONET-OC data from April 2018 to April 2019. Local Chl-a and TSM estimated by using radiances measured by the AERONET-OC is going to use to explain the phytoplankton bloom connect with factors such as precipitation and river discharge in Ariake Bay.

Keywords: chlorophyll-a, remote sensing reflectance, AERONET-OC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental

Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介
About GCOM-C/SGLI Ocean Standard Products

*緒方 一紀[1]
*Kazunori Ogata[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

地球観測変動観測ミッションにおいて気候変動を観測する衛星 (Global Change Observation Mission-Climate: GCOM-C)「しきさい」が2017年12月23日にJAXAにより打ち上げられた。しきさいには多波長光学放射計 (Second Generation Global Imager : SGLI)が搭載されており、近紫外から熱赤外 (波長: 380nm ~ 12um) を19チャンネルで観測する。

SGLIの海洋標準プロダクトは７つのパラメータと２つの処理レベルから成る。パラメータは波長380、412、443、490、530、 565と673.5nmの海水射出放射輝度 (NWLR) [W/m^2/sr/um]、波長673.5と868.5nmのエアロゾル光学的厚さ (TAUA) [-], 光合成有効放射量(PAR) [Ein/m^2/day]、懸濁物質濃度 (TSM) [g/m^3]、波長412nmの有色溶存有機物吸光係数 (CDOM) [m^-1] から成る。処理レベルは空間解像度と時間解像度によってLevele-2とLevel-3に分けられる。

打ち上げから約1年を経て、全ての海洋標準プロダクトがリリース基準の精度を達成し、JAXA G-Portalから2018年12月20日より提供が開始された。

キーワード：GCOM-C、SGLI、海色、海面水温、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Ocean color, SST, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証
Verification of GCOM-C/SGLI product in coastal area

*石坂 丞二[1]
*Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2017年12月にGCOM-C/SGLIが打ちあがり、2018年12月からデータ公開が開始された。2018年中に東シナ海、伊勢湾、有明海等で、検証用のリモートセンシング反射率、クロロフィルa等のデータを取得したため、本発表では特に沿岸域での精度の検証を行った結果を発表する。

キーワード：海色衛星検証、沿岸域、クロロフィルa、リモートセンシング反射率、懸濁物、海色溶存有機物
Keywords: validation of ocean color data, coastal area, chlorophyll-a, remote sensing reflectance, suspended matter, colored dissolved organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類
Hyperspectral Radiometry towards Classification of Marine Phytoplankton Groups

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3]
*Takafumi Hirata[1], Robert J.W. Brewin[2], Girgio Dall'Olmo[2], Mariana Altenburg Soppa[3], Astrid Bracher[3]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. プリマス海洋研究所、3. アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Plymouth Marine Laboratory, 3. Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research

Marine phytoplankton plays an essential role in marine ecosystems as a primary producer. Generally, a trophic transfer food chain via large-sized phytoplankton can be found in the oceans at higher latitudes and/or in coastal waters. On the other hand, a trophic transfer via middle- and/or small-sized phytoplankton can be found in the oceans at lower latitudes. As a first approximation, a cell size of phytoplankton is associated with taxonomic groups (e.g. diatoms are often large in size whereas cyanobacteria are usually small). In addition, phytoplankton in a taxonomic group often possesses a characteristic photosynthetic and/or photoprotective pigment(s) (e.g. diatoms contain fucoxanthin while cyanobacteria zeaxanthin). As a result, a taxonomic group are linked as a first approximation to a specific size class and a pigment(s), so that the groups may be inferred from the size and pigments. Both of the cell size distribution and the pigments affects optical, or spectral signature of phytoplankton. Hence, once the spectral signature of phytoplankton is obtained, their taxonomic detection/classification may be possible. In the present technology, a radiometric observation, either in situ or from space, enables the detection of the signature. Currently, it is an open question what, and how many, spectral bands are required for the accurate detection/classification of the phytoplankton, especially when phytoplankton taxonomic composition is complex and when other optically-active components interplay in the radiometric measurements. In this presentation, a preliminary result towards answering the question is presented using in situ hyperspectral radiometric measurements obtained in the Atlantic Ocean. Our result shows that radiometric measurements at many spectral bands are correlated with each other. While the correlation strength differs among spectral bands in question, radiometric measurements at these bands are correlated to the concentration of chlorophyll-a, a pigment commonly found in phytoplankton groups. The correlation with chlorophyll-a was even found at spectral bands where chlorophyll-a little absorbs the light. This may be due to another correlation between the chlorophyll-a concentration and other phytoplankton pigments, the latter of which absorb the light at the spectral band where chlorophyll-a does not. The pigment co-variation implies that a correlation between the radiometric measurements and any pigment concentration does not guarantee the optical detection of the pigment signature, and a more careful analysis is required when the radiometric measurements are analyzed.

キーワード：ハイパースペクトル、リモートセンシング 、植物プランクトン
Keywords: hyperspectral, remote sensing, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1]
*Toru Hirawake[1], Takuhei Shiozaki[2], Hisatomo Waga[1], Koji Suzuki[1]

1. 北海道大学、2. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. JAMSTEC

Net primary production (NPP) of phytoplankton is important to understand the global carbon cycle and marine ecosystem. While the majority of satellite NPP models use chlorophyll *a*(chl-*a*) concentration as a proxy of phytoplankton biomass, several NPP models use absorption coefficient of phytoplankton. An NPP models for Japanese new ocean color sensor, Second-generation GLobal Imager (SGLI), was developed based on the phytoplankton absorption to reduce estimation errors of chl-*a*due to pigment packaging and turbid water. However, sufficient validation in the open ocean has not been carried out. In this study, we obtained NPP data in the Pacific Ocean and compared with satellite-derived NPP applying the SGLI NPP model to MODIS data. The model overestimated the lower values of NPP less than 1000 mg m^2d^{-1}. Newly developed model considering response to daily averaged photosynthetically available radiation (PAR) showed better performance than previous one. However, bias and errors were still detected for a part of data. We will also discuss possibility of temperature dependency on this NPP model.

キーワード：海色リモートセンシング、基礎生産、植物プランクトン
Keywords: ocean color remote sensing, primary production, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み
Attempt to distinguish river water influencing concentration of chlorophyll *a* off Miho Peninsula

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2]
*Akihiko Tanaka[1], Kyoko Takashima[2], Gen Fukuda[2], Takaaki Katsumata[1], Hiroyuki Tan[1], Masato Niki[2], Daisuke Takahashi[2]

1. 東海大学清水教養教育センター、2. 東海大学海洋学部
1. Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus, Tokai University, 2. School of Marine Science and Technology, Tokai University

これまでの海色リモートセンシングによる観測の結果から，駿河湾内において東部よりも西部のほうが相対的に高いクロロフィルa濃度を示す．一因として，駿河湾に流入する大きな河川は，駿河湾の東側よりも西側に多く存在する．三保半島は，駿河湾西部に位置し，北には，富士川や興津川の河口があり，南には安部川の河口が存在する．三保半島の沖合においても，高いクロロフィルa濃度が観測される．海色リモートセンシングによるクロロフィルa濃度画像から，どの河川の影響でクロロフィルa濃度が高くなっているか経験的に判別できる場合がある一方で，クロロフィルa濃度画像だけでは，判別が困難な場合が存在する．駿河湾では，駿河湾フェリーが清水港と土肥港を一日4往復している．これまでに，駿河湾フェリーのAIS（Automatic Identification System, 自動船舶識別装置）情報から針路の法線方向の流れを推定できる可能性が示唆されている．駿河湾フェリーの航路はおよそ東西方向であるため，南北方向の流れを得ることができる．本研究では，駿河湾のクロロフィルa濃度画像に，AIS情報から推定した流れの情報を加えることによって，三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試みた．

キーワード：海色リモートセンシング、駿河湾、AIS
Keywords: Ocean color remote sensing, Suruga Bay, AIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

Estimation of chlorophyll-a from RGB digital camera data collected in Ise-Mikawa Bay

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1]
*Akiko N. Mizuno[1], Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

デジタルカメラデータのRGB表色系値を用いた、光合成生物と環境条件の調査方法は、この２０年間で様々な研究がなされてきた。例えば、海域ではスマートフォンカメラを用いた水質の推定(Leeuw and Boss 2018)や、航空写真からの海草植生の検出とクロロフィルa濃度の推定(Goddijn and White 2006)などがあるが、海洋域だけでなく陸域などさまざまな地域で調査のために活用される背景には、デジタルカメラの携帯性と利便性、低価格であることがあげられる。また、観測可能性が天候によって左右されることがないため、衛星観測に対する補助的、追加的な調査としてデジタルカメラの有用性は大きいと言える。本研究では、伊勢三河湾において撮影されたデジタルカメラ写真のRGB表色系値を解析することによって、クロロフィルa濃度の推定方法の構築を試みた。伊勢三河湾ではSeaWiFSおよびMODISデータを用いたクロロフィルa濃度の推定方法がHayashiら(2015)によってなされているが、デジタルカメラデータによる方法は構築されていない。

我々は、伊勢三河湾の観測航海によってクロロフィルa濃度、海表面、18%グレー版および天空のデジタルカメラ撮影写真、連続スペクトル分光放射計(RAMSES/TriOS)による海表面輝度および天空照度のスペクトルデータを採集した。デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の誤差は、海面反射、波長数の少なさ、データ圧縮やデジタル化による情報劣化など様々な要因によって生じると考えられる。本研究では海面反射について考察するため、分光放射計による海面輝度データは、海面反射の影響を最小に抑えることができるドーム法（Tanaka et al 2006）と、甲板上から撮影されたデジタルカメラデータと同条件で採集された甲板法の２種類を得、デジタルカメラデータのRGB表色系値と比較するためにCIE等色関数によってスペクトルデータをRGB値へと変換した（それぞれドーム法変換RGB値、甲板法変換RGB値とする）。デジタルカメラ写真のRGB値とは、甲板法変換RGB値の方が相関が高く、ドーム法とは関係性が低かった。また、甲板法変換RGB値によるクロロフィルa濃度推定の誤差が、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa濃度推定の誤差量とほとんど同じ大きさであったため、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の主な誤差要因は海面反射の影響が大きいことが推察された。

L.M. Goddijn; M White, Using a digital camera for water quality measurements in Galway Bay, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2006), 66, 429-436.

M. Hayashi; J. Ishizaka; M. Toratani; T. Nakamura; Y. Nakashima; S. Yamada; Evaluation and Improvement of MODIS and SeaWIFS-derived Chlorophyll a Concentration in Ise-Mikawa Bay, Journal of The Remote Sensing Society of Japan (2015), 35, 245-259.

T. Leeuw; E. Boss, The HydroColor App: Above Water Measurements of Remote Sensing Reflectance and Turbidity Using a Smartphone Camera, Sensors (2018), 18, 256-271.A. Tanaka; H. Sasaki; J. Ishizaka, Alternative measuring method for water-leaving radiance using a radiance sensor with a domed cover,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optics Express(2006), 14(8), 3099-3105

キーワード：沿岸域、クロロフィルa濃度推定、RGB値、デジタルカメラ写真、海面反射
Keywords: Coastal region, Estimation of Chl.a concentration, RGB values, digital camera image, sea surface reflection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1], Joji Ishizaka[2], Joaquim I. Goes[3], Hongzhen Tian[4], Elígio R. Maúre[5], Masataka Hayashi[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 2. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 3. Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US., 4. School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China., 5. Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan., 6. Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.

Red tide occurs more frequently in the Ariake Bay since 1990s, and it has greatly damaged the local fisheries, especially the nori farms. Increase of water transparency and reduction of tidal currents were also reported recently, and they may be related to the increase of the frequency of red tides. It is also reported that another cause of the red tide is the river discharge. Satellite remote sensing is suggested to be used to monitor the red tide. In this study, the newly developed MODIS-derived chlorophyll-a (Chl-a) and total suspended matter (TSM) was used to investigate the relationship between Chl-a and TSM and the seasonal variations of influences of spring-neap tides and river discharge. We observed that 1) high Chl-a (>5 mg m^{-3}) and high TSM (>5 g m^{-3}) were generally distributed in the areas off Saga, Kumamoto and Yatsushiro, and Isahaya Bay where the main river systems discharge the fresh water; 2) the magnitude of Chl-a was highest in summer, and decreased gradually from autumn to spring, which corresponded to the amount of river discharge which concentrates in summer and early autumn (June-September); 3) in the spring-neap tidal cycle, TSM was much higher in neap to spring (NS) and spring (S) tide than in spring to neap (SN) and neap (N) tide, which was consistent with the tidal suspension. On the other hand, Chl-a was often increased after high river discharge peak and the variation of Chl-a was small when the river discharge peak was small, indicating that the variation of Chl-a was mainly influenced by the river discharge. The variation of TSM in the spring-neap tidal cycle was mainly regulated by the tidal suspension, whereas the variation of Chl-a was more controlled by the river discharge than the tidal resuspension.

Keywords: MODIS, chlorophyll-a, total suspended matter, seasonal variability, spring-neap tides, river discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1], Joji Ishizaka[2], Anukul Buranapratheprat[3], Jitraporn Phaksopa[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 3. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 4. Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

Green *Noctiluca scintillans*, the peculiar single cellular heterotrophic organism containing green algae called *Pedinomonas noctilucae*, frequently causes harmful algal bloom (HAB) in the upper Gulf of Thailand (uGoT). The high density of green *Noctiluca* discolors the water to deep milky green, and it has the potential to generate low dissolved oxygen (hypoxia) in the water column resulting in massive fish mortality. The co-occurrence of green Noctiluca and other phytoplankton species (e.g., *Ceratium furca* and diatoms) was often reported. Heretofore, the behavior of red tides has not been clarified. In this study, we, therefore, focus on investigating the dominant spectral characteristics of each HAB species and developing an algorithm to discriminate green *Noctiluca* from the other harmful species. The ship observations (2017 –2018) were conducted to obtain the apparent and inherent optical properties as well as the pigment information of green *Noctiluca* blooms. Fortunately, the super green *Noctiluca* blooms (>1,500,000 cell L^{-1}) occurred near the west coast of the uGoT in July 2017. The remote sensing reflectance spectra measured by using the RAMSES hyperspectral radiometer (320 nm –950 nm) revealed the crucial features of green *Noctiluca* in near-infrared wavelengths. The different characteristics of green *Noctiluca* and other HAB species were also found in visible wavelengths. The investigated features were used in the discrimination method to detect the green *Noctiluca* bloom using satellite observation in the near future.

Keywords: green Noctiluca, the upper Gulf of Thailand, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand

*Dudsadee Leenawarat[1], Anukul Buranapratheprat[2], Joji Ishizaka[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan, 2. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

The Gulf of Thailand (GoT) is semi-enclosed sea located in the western part of the South China Sea. This area is important to fisheries production in this region. The satellite data can reveal the primary production through chlorophyll-a (Chl-a) which is basic for the food chain. The objectives of this study are to investigate the variation and spatial distribution patterns of Chl-a in the GoT by using long-term satellite data from SeaWiFS (1997-2010), MERIS (2002-2012), MODIS AQUA (2002-2018), and VIIRS (2012-2018) level 3 compared with oceanographic conditions from previous study and circulation model name Princeton Ocean Model (POM). Tide and climatological data of wind, salinity, temperature and river discharge are forcing in the model. The results from averaged monthly Chl-a concentration in the central GoT illustrate low Chl-a concentration occurred in transition periods (April-May, and October) by lowest in May when the water column was stratified. High Chl-a concentration occurred during the northeast monsoon (November to February) with the highest in December when the water column was well mixed, and a small peak was found during June to August. Hight Chl-a was found along the coast, especially near the northern coast in the southwest monsoon (June to October). During the northeast monsoon Chl-a near cape CaMau spread offshore, due to strong surface currents flew into GoT from the southern part of cape CaMau to the middle of GoT mouth.

Keywords: Gulf of Thailand, Chlorophyll-a, Variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1], Joji Ishizaka[2], Mengmeng Yang[1], Naoki Fujii[3], Masahiro Hori[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Graduate School of Agriculture, Saga University, 4. EORC, JAXA

The AERONET (**AE**rosol **RO**botic **NET**work) project is a federation of ground-based remote sensing aerosol networks established by **NASA** and **PHOTONS** and is greatly expanded by networks from national agencies, institutes, universities, individual scientists. AERONET –Ocean Color (AERONET-OC) provides the additional capability of measuring the radiance emerging from the sea. In April 2018, a new station of AERONET-OC has been set by JAXA for GCOM-C validation in Ariake Bay located in Kyusyu, Japan where the seaweed (Nori) culture very famous. Aerosol Optical Depth (AOD) and remote sensing reflectance (Rrs) is considered as the most important products of AERONET-OC since the estimation of chlorophyll-a concentration by ocean color satellite is usually not so accurate in coastal areas because of the inaccurate satellite remote sensing reflectance (Rrs) influenced by aerosol. This study is to make a brief description of the time series of the AERONET-OC data from April 2018 to April 2019. Local Chl-a and TSM estimated by using radiances measured by the AERONET-OC is going to use to explain the phytoplankton bloom connect with factors such as precipitation and river discharge in Ariake Bay.

Keywords: chlorophyll-a, remote sensing reflectance, AERONET-OC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:今泉 文寿

Mass movements, such as landslides, rockfalls, and debris flows, have been occurring extensively in a large number of countries, causing heavy damage. In order to understand them and mitigate induced disasters, we invite contributions that report and discuss on mass movements and related phenomena, focusing on improved understanding of their characteristics; new insights into landslide mechanisms; the development of new approaches to monitoring; novel approaches to behavior forecasting and prediction; studies of successful landslide management; and the development of methods for hazard and risk evaluation. In particular, papers about recent landslide hazards, induced by 2017 northern Kyushu rainstorm, 2018 Osaka earthquake, 2018 western Japan rainstorm, and 2018 Hokkaido earthquake are welcome.

9:00 ~ 9:15

[HDS09-01] Mechanical behavior modulated by shear surface morphology of simulated shear zone

*Yao Jiang[1]、Gonghui Wang[2]、Toshitaka Kamai[2] (1.Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China、2.Research Center on Landslide, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan)

9:15 ~ 9:30

[HDS09-02] On the Pre-failure Shear Behavior of Clayey Soil

*Chengrui Chang[1]、Gonghui Wang[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

9:30 ~ 9:45

[HDS09-03] **GeoGuard: low-cost GNSS sensors for the continuous monitoring of landslides and structures**

*Andrea Gatti[1]、Giulio Tagliaferro[1]、Eugenio Realini[1]、Stefano Caldera[1] (1.Geomatics Research & Development srl)

9:45 ~ 10:00

[HDS09-04] **Landslide Susceptibility Analysis in the Chenyulan River Watershed, Taiwan**

*Po-Tsun Yeh[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University, Taiwan)

10:00 ~ 10:15

[HDS09-05] Investigating the Relationship Between Tree Height and Landslide Occurrence in the Ikawa Catchment, Central Japan

*Jamie Rhys Evans[1]、Fumitoshi Imaizumi [1] (1.Faculty of Agriculture, Shizuoka University)

10:15 ~ 10:30

[HDS09-06] チベット高原南縁と東縁における遷急点遡及による地すべり

*千木良 雅弘[1]、鄒 青穎[2]、チョウ シーユアン[4]、ウー シヨン[3] (1.京都大学防災研究所、2.弘前大学、3.西南交通大学、4.京都大学大学院理学研究科)

Mechanical behavior modulated by shear surface morphology of simulated shear zone

*Yao Jiang[1], Gonghui Wang[2], Toshitaka Kamai[2]

1. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China, 2. Research Center on Landslide, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan

Mechanical behaviors of geologic granular materials in shear provide fundamental insights into the mobility mechanisms related to the dynamics of landslides and tectonic faults. Some previous experimental studies have shown that the mineralogy of constituent materials plays a first-order control on the transitions of mechanical behaviors, including sliding stability or instability. Moreover, other laboratory investigations have demonstrated the importance of shear rate as a primary control on the strength properties, leading to rate-strengthening or rate-weakening. Despite these efforts, however, neither the knowledge of general relationships between material properties and failure modes nor the underlying processes are well understood. Here we report on a series of ring-shear friction experiments designed to investigate the shear surface morphology on the mechanical behaviors along pre-existing granular shear zones. Two kinds of commercial granular materials were used in our experiments, say, halite and silica. Results directly show that only inclusion a low proportion of granular halite can produce the transition from stable sliding to stick-slip instability. The visual observations of shear surfaces further indicate that the variations with halite content form different morphologies. By analyzing the shear displacement and acoustic emission data, the microslip precursors were identified to stick-slip instability. It is expected that the mechanical behavior transition may constrain the evolution of asperity mechanism in nucleating rupture instability along heterogeneous shear surfaces owing to breakage of grain interfaces.

Keywords: granular materials, mechanical behavior, shear surface, acoustic emission, ring shear apparatus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the Pre-failure Shear Behavior of Clayey Soil

*Chengrui Chang[1], Gonghui Wang[1]

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Introduction

Landslides are significant natural hazard that cause substantial economic loss and extensive loss of life. Triggering in landslides occurs as a result of highly dynamic processes and the hydrological state has a profound influence on the stability of the slopes. For rainfall-induced landslides, the increase of pore water pressure as a result of rainfall infiltration progressively reduces the normal effective stress of the slope materials acting on a potential shear surface and the shear resistance decreases as the inter-particle friction is reduced by the buoyancy force. Saito (1965) first proposed a linear trend when the inverse velocity before failure is plotted against time which has made a significant contribution to the understanding and monitoring of landslides (Voight, 1988, 1989; Fukozono, 1990). Many studies focusing on the deformation and pore water pressure noted that the rate of strain was initially small but showed a very rapid increase towards failure (Anderson & Sitar, 1995; Zhu & Anderson, 1998; Dai et al, 1999; Ng & Petley,

Methods

The aim of this study is to investigate experimentally the nature of the interactions between the pore pressure variation and the development of the displacement in the pre-failure stage. All the soil samples were taken from the Nishiwaki landslide, which was induced by the heavy rainfall accompanying the No. 21 Typhoon on Oct. 22rd, 2017 in Wakayama Prefecture. Subsequently, two different series of tests were undertaken under the combined condition of predefined normal stress and shear stress simulating consolidated nature slope in the ring shear apparatus. One series of test is the pore-pressure-controlled test, which uses a serially connected air tank and water tank to increase the pore water pressure (PWP) in the shear box of ring shear apparatus. This series of tests aims at simulating the effect of decreasing the effective stress state whilst holding constant shear stress to reproduce a slope undergoing heavy rainfall. The pore water pressure was increased deliberately and then hold or decrease the pore water pressure as a short-term movement was detected. Such a procedure has been repeated until the shear resistance dropped, which indicates the shear failure. The shear-stress-controlled series is aiming to investigate the shear displacement pattern with a gently cumulative increase in shear stress under undrained condition, which involves an increase of the shear stress in a flattened gradient after consolidation. Both series of tests are conducted in three kinds of consolidated conditions to examine the correlation between velocity and acceleration.

Results and discussions

In pore-pressure-controlled tests, the displacement shows a creep-like pattern before failure. During the whole test, several periods of constant velocity had been identified. We also found that shear swelling occurred in the drained shear test, therefore, we inferred that the possible infiltration of water into the shear zone may enable the continuous increase of pore water pressure so that the shear resistance will be lowered to initiate the accelerating movement. We also found that “stick-slip” behavior (short-term movements) occurred in the shear tests. We inferred that the increment of the PWP initiates the shear displacement rather than the amount of the PWP.

The results indicate that the increment of PWP can initiate larger and more rapid shear displacement when the level of the PWP is higher. A series of creep-like movements leads to final failure. The role of increasing pore water pressure in the initiation of the tertiary acceleration will be key for us to understand the creep behavior, and further tests and detailed examination on this issue will be continued.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GeoGuard: low-cost GNSS sensors for the continuous monitoring of landslides and structures

*Andrea Gatti[1], Giulio Tagliaferro[1], Eugenio Realini[1], Stefano Caldera[1]

1. Geomatics Research & Development srl

The United Nation Office for Disaster Risk Reduction warned that economic losses from landslides, floods, earthquakes, and drought will continue to escalate unless businesses take action to reduce their exposure to disaster risks. Structures can suffer structural deterioration due to aging, misuse or lack of proper maintenance. In addition, they are subject to exposure to natural hazards such as landslides, floods, and earthquakes. Traditional visual inspection techniques are both time consuming and expensive. They are also qualitative and can only assess outward appearance. Structures and natural hazard control and management are becoming one of the key issues in the approach to sustainable development of modern countries. In this framework, structural health monitoring is representing one of the most valuable approaches for the decision-making process. Global Navigation Satellite System (GNSS) technology can provide position information with accuracy to a few millimeters in near real-time. However, the widespread adoption of GNSS monitoring is hindered by the high cost of dual-/multi-frequency geodetic GNSS receivers.

In 2015, through a partnership with the Italian company Softeco, GReD started GeoGuard, an innovative end-to-end service for the continuous monitoring of landslides and structures by means of single-frequency GNSS low-cost receivers and antennas. GeoGuard provides accurate positioning with centimeter-level accuracy in near real-time, or millimeter-level accuracy for daily/sub-daily solutions. The GNSS network observations are processed by means of both Bernese software, and an ad-hoc evolution of goGPS, a free and open source positioning software package developed by the GReD team. A software platform was developed for the management of a GNSS positioning service, and for the visualization and delivery of results. Currently, GeoGuard uses GPS L1 observations for its operational activities; however, promising results are being obtained with the addition of Galileo E1 observations, especially for sites with limited sky visibility, and to improve the accuracy of sub-daily (e.g. hourly) solutions. Currently, the GeoGuard service is operational on two landslides, a highway bridge, a dam, and two penstocks.

Keywords: Monitoring, GNSS, GPS, Landslide, Structures, low-cost

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Landslide Susceptibility Analysis in the Chenyulan River Watershed, Taiwan

*Po-Tsun Yeh[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University, Taiwan

Many rainfall-triggered landslides occurred in the Chenyulan river watershed of central Taiwan during typhoon Morakot. In order to prevent rainfall-triggered landslide disasters, it is important to understand the relation of the disasters and the factors of rainfall, geology, and topography. In this study, the landslide susceptibility model of the Chenyulan river watershed was built and evaluated under the multiple logistic regression analysis based on slope units. These units were delineated by topography and 249 units out of them were chosen because orientation data of weak planes were included. The detection of the binary dependent variables (landslide and non-landslide samples) were based on the geomorphic change using satellite imageries before and after typhoon Morakot. Then the independent variables include geological, topographic and rainfall factors. Especially, we considered the orientation of weak planes and the spatial and temporal variability of rainfall. The result showed that the p-value of Hosmer-Lemeshow test and the Area Under the Curve of ROC are over 0.1 and 0.75, respectively. As the result, the chosen factors in the model could predict landslides in the Chenyulan river watershed effectively. It could be reference for follow-up research.

Keywords: Landslide susceptibility, Spatial and temporal variability of rainfall, Multiple logistic regression, Orientation of weak plane, Slope unit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigating the Relationship Between Tree Height and Landslide Occurrence in the Ikawa Catchment, Central Japan

*Jamie Rhys Evans[1], Fumitoshi Imaizumi [1]

1. Faculty of Agriculture, Shizuoka University

The occurrence of landslides in forested terrain can have large impacts on the future productivity of soil and the quality of water that drains from a catchment, as well as damaging a valuable asset in the forest itself. The relationship between tree height and landslide occurrence in the Ikawa catchment, Northern Shizuoka prefecture, is investigated to gain a better insight into the distribution of landslides. Root depth profile, measured for trees of various height via trenches, is used in conjunction with tree height when assessing the distribution of landslides. Root tensile strength for unit areas of soil is calculated from individual root diameters to better understand the effect of the root network on slope stability. Landslide ratios in the Ikawa catchment show that landslides occur more frequently in shorter forests, with occurrence decreasing as tree height increases. This is likely due to stabilizing features of trees being accentuated as they grow, which is supported by both total root area and total root tensile strength data showing a significant increase between that of the 6.5m Kumashide, 8m Momi, and 12m Kumashide. The random distribution of results when comparing landslide depth to tree height suggests that while tree height, and hence total root tensile strength, has an impact upon whether a landslide is to occur or not, the depth of the landslides that do occur are independent of the height of trees. This suggests that slope stability increases alongside tree height and that landslide depth is not controlled by tree height so is therefore controlled by other factors. While there is no relationship between tree height and landslide depth, both Kumashide trees surveyed show decreases in total root tensile strength around the average depth of landslides in the Ikawa catchment of 0.46m.

Keywords: Landslide depth, Tree height, Root tensile strength, LiDAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

チベット高原南縁と東縁における遷急点遡及による地すべり
Landslides induced by the knickpoint migration in the southern and the eastern margins of the Tibetan Plateau.

*千木良 雅弘[1]、鄒 青穎[2]、チョウ シーユアン[4]、ウー シヨン[3]
*Masahiro Chigira[1], Ching-Ying Tsou[2], Siyuan Zhao[4], Xiong Wu[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 弘前大学、3. 西南交通大学、4. 京都大学大学院理学研究科
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Hirosaki University, 3. Souithwest Jiaotong University, 4. Graduate School of Science, Kyoto University

Because of the collision of Indian plate to Eurasian continent, Himalaya, which is the southern margin of the Tibetan Plateau, is uplifting very rapidly and also the eastern margin of the Tibetan Plateau is uplifting. Those mountains are the sites of uplift and also the sites of rapid erosion and mass movements. We made field survey, using PRISM image with a resolution of 5 m and 5-m ALOS AW3D in both areas. We studied gravitational slope deformation and landslide, which are the response of mountain slopes to river incision, along the Kaligandaki River in Nepal Himalaya and the Minjiang River in Sichuan and found that gigantic landslides have occurred due to the slope instability made by the upstream migration of knickpoints and undercutting of the nearby slopes.

Along the Kaligandaki River, there are two outstanding knickpoints at Kalopani and Talbagar, respectively. The knickpoint at Kalopani is located at the largest landslide dam, which is called Kalopani landslide or Lete landslide. This landslide is inferred to be preceded by buckling deformation of calc gneiss. It is located near the lower margin of the glaciated area, and the slope could have been eroded by a glacier at the foot of the slope. Downstream of the Lete landslide are aligned 4 gigantic landslides, of which the most upstream one is the Talbagar landslide. It occurred on the left bank just downstream of an outstanding knickpoint of the Kali Gandaki River. This knickpoint propagated from downstream forming a slope break 200-400 m high from the riverbed. Talbagar landslide is a rock compound slide and the other three gigantic landslides were of two mica gneiss and occurred on slopes that had been toppled above the slope break.

There are two significant knickpoints along the Minjian River upstream of the Longmenshan fault. The effects of the knickpoint propagation and inner gorge formation on slope stability are dependent on the geometrical relationships between the river and geological structures. When the geological trend is normal or highly oblique to the river axis, landslides generally do not occur, but gigantic catastrophic landslides have occurred on one side of the Minjiang valley, which can be attributed to a wedge structure consisting of bedding planes and joints with intersections dipping valleyward and tight folds with hinges plunging valleyward. Diexi landslide, the largest landslide along the Minjian River was a wedge failure induced by this knickpoint migration.

キーワード：地すべり、チベット高原、ヒマラヤ、眠江、遷急点
Keywords: Landslide, Tibetan Plateau, Himalaya, Minjan, Knickpoint

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:王 功輝、土井 一生

Mass movements, such as landslides, rockfalls, and debris flows, have been occurring extensively in a large number of countries, causing heavy damage. In order to understand them and mitigate induced disasters, we invite contributions that report and discuss on mass movements and related phenomena, focusing on improved understanding of their characteristics; new insights into landslide mechanisms; the development of new approaches to monitoring; novel approaches to behavior forecasting and prediction; studies of successful landslide management; and the development of methods for hazard and risk evaluation. In particular, papers about recent landslide hazards, induced by 2017 northern Kyushu rainstorm, 2018 Osaka earthquake, 2018 western Japan rainstorm, and 2018 Hokkaido earthquake are welcome.

10:45 ~ 11:15

[HDS09-07] Landslides caused by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

★Invited Papers

*林 真一郎[1]、小山内 信智[1]、山田 孝[1]、桂 真也[1]、古市 剛久[1]、柳井 清治[2]、村上 泰啓[3]、宮崎 知与[4]、谷岡 勇市郎[1]、瀧口 茂隆[5]、宮崎 真由美[6] (1.北海道大学、2.石川県立大学、3.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、4.株式会社シン技術コンサル、5.国土交通省、6.株式会社パスコ)

11:15 ~ 11:45

[HDS09-08] On the coseismic landslides occurring on tephra slopes during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

★Invited Papers

*王 功輝[1]、古谷 元[2] (1.京都大学防災研究所、2.富山県立大学)

11:45 ~ 12:00

[HDS09-09] Seismological and geotechnical surveys on the landslides induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*土井 一生[1]、大澤 光[2]、松浦 純生[1] (1.京都大学防災研究所、2.筑波大学山岳科学センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

Landslides caused by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*林 真一郎[1]、小山内 信智[1]、山田 孝[1]、桂 真也[1]、古市 剛久[1]、柳井 清治[2]、村上 泰啓[3]、宮崎 知与[4]、谷岡 勇市郎[1]、瀧口 茂隆[5]、宮崎 真由美[6]
*Shin-ichiro Hayashi[1], Nobutomo Osanai[1], Takashi Yamada[1], Shin'ya Katsura[1], Takahisa Furuichi[1], Seiji Yanai[2], Yasuharo Murakami[3], Tomoyoshi Miyazaki[4], Yuichiro Tanioka[1], Shigetaka Takiguchi[5], Mayumi Miyazaki[6]

1. 北海道大学、2. 石川県立大学、3. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、4. 株式会社シン技術コンサル、5. 国土交通省、6. 株式会社パスコ
1. Hokkaido University, 2. Ishikawa Prefectural University, 3. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, PWRI, 4. Shin Engineering Consultant, Co., Ltd., 5. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 6. Pasco Corporation

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake struck the eastern Iburi region (epicenter: 42.691˚N, 142.007˚E, depth: 37.0km) of Hokkaido, Japan, at 3:07.59 JST, September 6, 2018 (18:07.59, September 5, 2018 UTC). Many shallow landslides and several large-scale deep-seated landslides, generating a landslide dam in the Hidaka-horonai River, were triggered by this magnitude 6.6 M_w (6.7 M_j) earthquake. The sedimentary rock in the affected area was covered by thick pyroclastic fall deposits derived from the Tarumae Volcano etc.. Landslides were densely distributed over hilly regions (elevation: 200–400 m) within an area of approximately 400 km^2 in Atsuma, causing 36 deaths, Abira and Mukawa, and representing the largest total area of earthquake-related landslides in Japan since the Meiji Era (1868–1912). The shallow landslides were characterized as follows: 1) pyroclastic fall deposits on sedimentary rock (basement complex) were moved by the strong seismic shock, 2) slip surface types included weathered tephra, weathered bedrock, and buried humus layers, 3) many occurred at relatively gentle slopes (< 30˚), 4) shallow landslides moving along valley type topography tended to travel longer than those moving along planar slope topography, and 5) concentrated shallow landslides occurred in tributary catchments of the Atsuma and Abira Rivers. Large-scale deep-seated landslides were characterized as follows: 1) rare occurrence and 2) slip surface within sedimentary rock.

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、降下火砕物、表層崩壊、河道閉塞
Keywords: 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, pyroclastic fall deposits, shallow landslide, landslide dam

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the coseismic landslides occurring on tephra slopes during the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*王 功輝[1]、古谷 元[2]
*Gonghui Wang[1], Gen Furuya[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 富山県立大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Toyama Prefectural University

Numerous landslides were triggered by 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake on the tephra slopes, resulting in 36 casualties. Although one large landslide was initiated with its sliding surface being in the bedrock of sandstone and siltstone, most of them occurred on the tephra slope. To understand the initiation and movement mechanisms of these landslides occurring on tephra slopes, we performed field investigation (including geophysical survey, penetration test and field director shear box tests), and also conducted dynamic shear tests on the tephra samples taken from the sliding surface. The results will be presented in this report.

キーワード：地震時地すべり、2018年北海道胆振東部地震、テフラ斜面、発生機構、運動機構
Keywords: Coseismic landslide, 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Tephra slope, Initiation mechanism, Movement mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismological and geotechnical surveys on the landslides induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake

*土井 一生[1]、大澤 光[2]、松浦 純生[1]
*Issei Doi[1], Hikaru Osawa[2], Sumio Matsuura[1]

1. 京都大学防災研究所、2. 筑波大学山岳科学センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Mountain Science Center, University of Tsukuba

Atsuma Town, central part of Hokkaido, Japan, suffered from numerous landslides induced by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (Mw 6.7). We had a seismological and geotechnical surveys on some of the landslides. We selected a shallow landslide within tephra layers and a huge landslide of rockslide. Aftershock observation was conducted to grasp the vibration characteristics of the large landslide. Frequency components of ~2 Hz were dominant for S- and coda parts, with long durations of monochroic vibrations. Surface wave surveys, in both active and passive ways, were deployed to understand the vertical profile of the shallow landslide area. Very low (~ 50 m/s) Vs layers with the thickness ~ 1 m, which were consistent to the landslide depth, were detected along the survey line beside the landslide area, while such layers did not exist inside the landslide.

Acknowlegement: Hirokazu Fukui, a graduate student in Kyoto University, helped us for conducting the surveys.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 304 3F

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)、座長:今泉 文寿、千木良 雅弘

Mass movements, such as landslides, rockfalls, and debris flows, have been occurring extensively in a large number of countries, causing heavy damage. In order to understand them and mitigate induced disasters, we invite contributions that report and discuss on mass movements and related phenomena, focusing on improved understanding of their characteristics; new insights into landslide mechanisms; the development of new approaches to monitoring; novel approaches to behavior forecasting and prediction; studies of successful landslide management; and the development of methods for hazard and risk evaluation. In particular, papers about recent landslide hazards, induced by 2017 northern Kyushu rainstorm, 2018 Osaka earthquake, 2018 western Japan rainstorm, and 2018 Hokkaido earthquake are welcome.

13:45 ~ 14:15

[HDS09-10] Initiation conditions of debris flows in Ohsawa landslide, Mt. Fuji

★Invited Papers

*今泉 文寿[1]、山本 一樹[1]、池田 敦[4]、逢坂 興宏[1]、杉本 宏之[2]、鈴木 聡[2]、佐藤 慎一[2]、柏原 佳明[3]、西村 直記[3] (1.静岡大学農学部、2.国土交通省富士砂防事務所、3.アジア航測、4.筑波大学生命環境系)

14:15 ~ 14:30

[HDS09-11] 四万十付加体中の重力斜面変形と深層崩壊の発生に対する断層粘土を含む衝上断層の役割

*荒井 紀之[1]、千木良 雅弘[1] (1.京都大学防災研究所)

14:30 ~ 14:45

[HDS09-12] Control effect of huge faults on the structure of surrounding regional rock mass in the whole mountain: implications for the distribution pattern of coseismic landslides

*Chao HUANG[1,2]、Yusheng LI[1]、Chunhao WU[3]、Shujian YI[1,3]、Kai LIU[1,4]、Gonghui WANG[2] (1.State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, China、2.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan、3.Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China、4.China Railway Eryuan Engineering Group CO. LTD, China)

14:45 ~ 15:15

Discussion

Initiation conditions of debris flows in Ohsawa landslide, Mt. Fuji

*今泉 文寿[1]、山本 一樹[1]、池田 敦[4]、逢坂 興宏[1]、杉本 宏之[2]、鈴木 聡[2]、佐藤 慎一[2]、柏原 佳明[3]、西村 直記[3]
*Fumitoshi Imaizumi[1], Kazuki Yamamoto[1], Atsushi Ikeda[4], Okihiro Ohsaka[1], Hiroyuki Sugimoto[2], Satoru Suzuki[2], Shinichi Sato[2], Yoshiaki Kashiwabara[3], Naoki Nishimura[3]

1. 静岡大学農学部、2. 国土交通省富士砂防事務所、3. アジア航測、4. 筑波大学生命環境系
1. Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 2. Fuji Sabo Office, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 3. Asia Air Survey Co., Ltd., 4. Faculty of Life and Environmental Sciences, Tsukuba University

土石流の発生は一般に降雨条件のみによって説明されることが多い。しかしながら，地盤が凍結する時期においては地盤の浸透性の低下が考えられ，それに伴い土石流の発生条件が変化する可能性がある。加えて積雪の有無や不安定土砂の堆積量も，土石流の発生条件に影響を及ぼす要因である。そこで，土石流頻発渓流であり，かつ高標高域であるために地盤の凍結期間が長い富士山大沢崩れにおいて，地盤の凍結および不安定土砂の堆積量が土石流の発生条件に及ぼす影響を検討した。また，あわせて富士山大沢崩れにおいて特徴的な現象であり，積雪時に確認されるスラッシュ雪崩の発生条件についても検討した。本研究では，過去の土石流発生降雨，非発生降雨それぞれにおいて，積雪の有無と凍結の有無の推定を試みた。積雪の有無はdegree-day法を用いて推定し，凍結の進行を積算寒度により，融解の進行を積算暖度により推定した。そして，地盤の凍結の有無，積雪・降雪の有無，不安定土砂の堆積量の大小に応じて過去約50年間の降雨を整理し，土石流の発生条件を求めた。その結果，地盤が凍結すると少ない降雨で，土石流・スラッシュ雪崩が発生することがわかった。また，地盤の非凍結時には不安定土砂量が多いほど，土石流が発生しづらいことがわかった。一方，積雪・降雪の有無による土石流やスラッシュ雪崩の発生条件の違いは明確でなかった。

キーワード：土石流、崩壊、富士山、凍土
Keywords: Debris flow, Landslide, Mt. Fuji, Frozen soil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

四万十付加体中の重力斜面変形と深層崩壊の発生に対する断層粘土を含む衝上断層の役割

The role of thrust faults with incohesive clayey fault materials to generate deep-seated gravitational slope deformations and catastrophic landslides in the Shimanto accretionary complex

*荒井 紀之[1]、千木良 雅弘[1]
*Noriyuki Arai[1], Masahiro Chigira[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute,Kyoto University

The purpose of this study is to clarify the geological and geomorphological background of deep-seated catastrophic landslides (DCLs) and related gravitational slope deformations (DGSDs) that occur in mountain areas of accretionary complexes. We performed the detailed geological survey for the area of 25 km^2 in the Shimanto accretionary complex in the middle of the Kii Mountains, Japan. In this area, six DCLs were induced by the heavy rain of Typhoon Talas in 2011. Using the 1-m DTMs made from LiDAR data taken before and after the landslides by the Kinki Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, and Nara Prefecture, we investigated the distribution of the thrust faults with the incohesive clayey fault materials in the mountain slopes and the inner structures of these thrusts. Mineralogy, permeability and shear strength were measured for the fault gouge.
As a result, we obtained the following results and conclusions.
1. Low-angle thrust faults with incohesive fault rocks thicker than approximately 1 m were newly found to develop at intervals of a few km in the study area.
2. Many of these thrust faults were different from previously reported thrust faults. The thrust faults with incohesive fault rocks include clayey crush materials that form a weak and impermeable layer, which becomes the base of a DGSD and would accommodate a sliding surface of a DCL.
3. The DGSDs and rain-induced DCLs in the study area preferentially occur in the hanging walls of those thrust faults and their areal alignments are controlled by the thrust faults.
4. Thrust faults commonly extend for kilometers as planar features but are sometimes locally folded with their nearby rocks. When a syncline involving thrust faults plunges valleyward, this structure also facilitates DGSDs.

キーワード：深層崩壊、重力斜面変形、断層粘土、付加体
Keywords: deep-seated catastrophic landslide, gravitational slope deformation, incohesive clayey fault material, accretionary complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Control effect of huge faults on the structure of surrounding regional rock mass in the whole mountain: implications for the distribution pattern of coseismic landslides

*Chao HUANG[1,2], Yusheng LI[1], Chunhao WU[3], Shujian YI[1,3], Kai LIU[1,4], Gonghui WANG[2]

1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, China, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan, 3. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, China, 4. China Railway Eryuan Engineering Group CO. LTD, China

Introduction

Earthquakes and earthquake induced landslides are the most threatening geological disasters in nature. Coseismic landslide, as a surface catastrophic effect induced by earthquakes, has drawn much scientific attention. The fact that seismic faults play a control role in the occurrence of landslide has been generally recognized. Many relating researches focused on the relationship between landslide distribution patterns and the distance to the co-seismic fault, peak ground acceleration (PGA) of the earthquake, and types of faults based on remote sensing interpretation and GIS method. Many statistical methods including fuzzy analytic hierarchy process, principal component analysis, and logistic regression, were used to evaluate landslide susceptibility in an earthquake event considering the main role of faults. However, how the faults affect the distribution patterns of coseismic landslides has not been clearly understood.Therefore, in this study we examined this issue based on a case study on the landslides triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, in China.

Method

We selected Qingping part of Longmenshan faults generating the Ms 8.0 earthquake as a target region. First, measurements of rock mass structure were conduceted. In-situ field rock mass structure investigations, 2m*2m measurement network was used, in laboratory, fractures that were visible to the naked eye in the field were sketched and counted using a square frame (0.3 *0.3 m) along profiles oriented across the faults. Then fracture density was calculated to determine the characteristics of fractured system of the crustal rock mass in the fault zone area. Finally, Wenchuan earthquake landslides distribution patterns was combined to deeply discuss the effects of faults on landslides.

Result

The results of spatial variations in fracture density with increasing distance from the Jiangyou-Dujiangyan fault were shown in Fig 1. As can be seen in Fig. 1, fracture density is much higher in the faults zone than other areas and sharply decreases with further increase after it exceeds a certain distance (CD) from the main fault. In Yingxiu-Beichuan fault, this CD is 3030 m in hanging wall and 1170 m in footwall, while in Jiangyou-Dujiangyan fault, this CD is 1350m in the hanging wall. Fracture density also increases when subsidiary faults across. The results showed that occurrences of fractures are strongly concentrated around the faults zone, such as Yingxiu-Beichuan fault and Jiangyou-Dujiangyan fault, presence of secondary faults also has a strong relation with fracture density distribution. Most co-seismic landslides for wenchuan earthquake in the research area distributed on the concentration part of rockmass factures.

Discussion

In this study, we found that there are control effects confined to a certain range of huge faults on the surrounding regional rock mass structure, showing a great impact on rock mass structure in a large scale. A concept named “fracture zone” was defined to express this phenomenon.

The results suggest the existence of remarkable hanging wall effect of rock mass structure, since the width of fracture zone in the hanging wall is greater than that in the foot wall. The fracture zone of Yingxiu-beichuan fault hanging wall is much wider than that of Jiangyou-dujaingyan fault, indicating that

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

there is a stronger control effect on rockmass structure of Yingxiu-beichuan fault compared with Jiangyou-dujaingyan fault.

Most co-seismic landslides for wenchuan earthquake distributed on the concentration part of rockmass factures, namely fracture zone. Distinct “hanging wall” effect of rockmass structure is consistent with the distribution pattern of coseismic landslides in the research area. Results indicate that the control effect has directly impacts on the distribution pattern of Wenchuan coseismic landslides

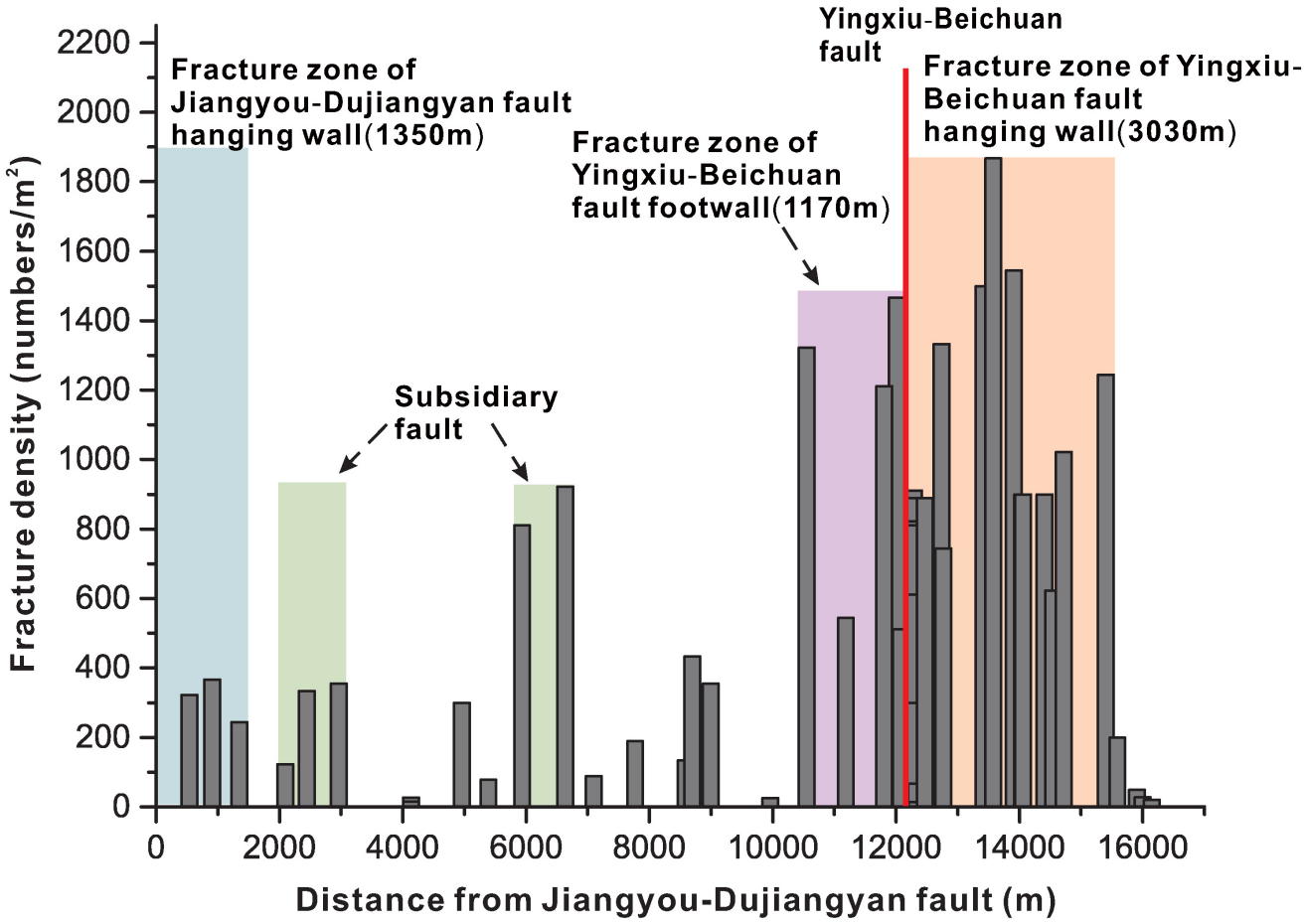
Conclusion

1. A control effect confined to a certain range of huge faults on the structure of surrounding regional rock mass in the whole mountain by using fracture density method, this effect was defined as “fracture zone” effect, which has directly impacts on the distribution pattern of Wenchuan earthquake induced landslides.
2. The control effect on surrounding regional rock mass structure were also founded in other huge faults, we argue that this effect is universal, which could be also suitable for other huge faults. The control effect marks long-term dangerous zones, since fragmented rock mass is vulnerable to subjected to failure, which has implications for disaster prevention in mountainous areas where faults are active.

Reference

Keefer, D. K. (1984). Landslides caused by earthquakes. GSA Bulletin 95(4): 406-42

Keywords: Huge fault, Rock mass structure, Coseismic landslide



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)

Mass movements, such as landslides, rockfalls, and debris flows, have been occurring extensively in a large number of countries, causing heavy damage. In order to understand them and mitigate induced disasters, we invite contributions that report and discuss on mass movements and related phenomena, focusing on improved understanding of their characteristics; new insights into landslide mechanisms; the development of new approaches to monitoring; novel approaches to behavior forecasting and prediction; studies of successful landslide management; and the development of methods for hazard and risk evaluation. In particular, papers about recent landslide hazards, induced by 2017 northern Kyushu rainstorm, 2018 Osaka earthquake, 2018 western Japan rainstorm, and 2018 Hokkaido earthquake are welcome.

[HDS09-P01] **Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido**

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲 (1.北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2.北海道大学理学部地球惑星科学科)

[HDS09-P02] A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

★Invited Papers

*Zheng-yi Feng[1]、Hao-yang Huang[1]、Chia-Ming Chuang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P03] Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1]、Chia-Ming Chuang[1]、Hao-yang Huang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P04] **Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map**

*Pei-hsun Tsai[1]、Syuan-yi Wang[1]、Jie-shin Cheng[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[HDS09-P05] **A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles**

*Sheng-Jia Liu[1] (1.qwepoi13@gmail.com)

[HDS09-P06] 1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4] (1.専修大学・学、2.専修大学文学部環境地理学科、3.日本ジオサービス、4.防災科学技術研究所)

[HDS09-P07] Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P08] ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

*佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

[HDS09-P09] A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P10] A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P11] 低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3] (1.日本大学大学院理工学研究科、2.産業技術総合研究所、3.日本大学理工学部)

[HDS09-P12] **Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand**

*JIN-YI YU[1]、KUANG-TSUNG CHANG[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P13] 浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[HDS09-P14] Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P15] Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲
*Jun Kameda[1], Hiro Kamiya[2], Hirokazu Masumoto[1], Tomonori Morisaki[1], Toru Hiratsuka[2], Chisaki Inaoi

1. 北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2. 北海道大学理学部地球惑星科学科
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Hokkaido University

The Iburi–Tobu earthquake of M_w = 6.7 occurred at 3:07 AM (local time) on 6 September 2018, in southern Hokkaido, Japan. The earthquake caused power cuts and destroyed distribution networks across Hokkaido, creating widespread disruption. A total of 41 people were killed during the earthquake, with most of these (36 people) perishing in landslides near the epicenter. The hills in southwestern Hokkaido are widely covered by volcanic deposits, derived from the repeated eruptions of nearby volcanoes such as Tarumai, Eniwa, and Shikotsu (e.g., Nakagawa et al., 2018). On 4 September, Typhoon Jebi caused heavy rainfall in this area, which likely soaked and weakened the volcanic soils. Subsequent earthquake ground motion (with a maximum intensity of 7 on the intensity scale of Japan Meteorology Agency; Japan Meteorology Agency, 2018) may have triggered sudden whole-slope failures. The total number of the present landslides was ~6000 (Yamagishi and Yamazaki, 2018), and most of the recorded landslides are shallow and show features characteristic of fluidized landslides, such as long runouts of debris on a flat depositional area.
To investigate the mechanism generating the landslides triggered by the Iburi–Tobu earthquake, we conducted a field survey at a typical landslide in the Tomisato area of Atsuma, and we found a distinctive occurrence of liquefaction in the field, which could be a precursive condition for the generation of the fluidized landslides triggered by the earthquake. In the scarp of the landslide, an altered halloysite-bearing volcanic layer is observed at a level almost coincident with the sliding surface. The layer is intensely undulating and can be divided into an upper clay-rich layer and a lower pumice-rich layer, suggesting that the altered layer had liquefied as a result of the strong coseismic ground motion. The layer had been soaked by heavy rainfall just one day before the earthquake and could have liquefied by interstitial fluid pressurization, producing a weak and slippery plane, resulting in the catastrophic landslides in this area.

キーワード：流動化地すべり、北海道胆振東部地震、ハロイサイト
Keywords: fluidized landslide, 2018 Iburi–Tobu earthquake, halloysite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

*Zheng-yi Feng[1], Hao-yang Huang[1], Chia-Ming Chuang[1]

1. Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

Natural events, such as landslide, sediment transport, flooding, etc., usually release energy to produce acoustic waves and seismic waves. Acoustic wave is transmitted through air and seismic wave is transmitted through geologic structure. Therefore, the characteristics of acoustic waves and the seismic waves induced by these events should be different. This study focus on the differences in the acoustic signals and seismic signals during a dam-break test performed by the authors. We built a model dam and slope in a creek for the test. We filled the dam with water and caused it to overflow. The overflow water caused the downward erosion of the dam. The flood due to the dam-break eroded the toe of the model slope causing the slope to collapse locally. We set up microphones to collect acoustic signals and installed accelerometers to collect vertical seismic signals generated by the flood and collapse events during the test. During the test we also used unmanned aerial vehicle (UAV) to continuously take photos for the collapsed areas for making the digital surface model (DSM) of the slope to analyze the volumes of the collapsed materials. We used Hilbert-Huang Transform (HHT) to obtain the time-frequency spectra for the acoustic signals and seismic signals. From the spectra, we compared the energy and frequency content of the two kinds of signals and their differences. The results show that the acoustic signal showing earlier indication of overtopping than that of the seismic signal. In addition, the acoustic and seismic signals generated during the flood can correspond to each other. The collapse events of the slope during the flood can be investigated also by examining the time-frequency spectrum of the seismic signal. Usually the signals of the collapse events can be distinguished from the flooding signals.

Keywords: dam break, landslide, slope, acoustic signal, seismic signal, flood

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1], Chia-Ming Chuang[1], Hao-yang Huang[1]

1. Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

In this study, the Scoops3D code (USGS, 2015) is used to analyze the three-dimensional stability of the slopes in a watershed in Taiwan. To perform Scoops3D it requires the inputs such as digital elevation model (DEM), geological materials, groundwater level, earthquake, etc. The code calculates the minimum factor of safety (F.S.) and the associated potential failure volumes by using three-dimensional limit equilibrium method. We performed a comprehensive analysis of slope stability for the research areas using the Scoops3D code. The ArcMap software was used to present the F.S. that are less than unity as a 2D contoured map. We can observe this contoured map to understand the overall slope stability of the studied watershed. We perform a parametrical study by set three different sizes of sliding volume, “large”, “medium” and “small”, for evaluating the risk of landslide for the three different volume sizes.

Keywords: Landslide, Scoops3D, Factor of safety, Risk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map

*Pei-hsun Tsai[1], Syuan-yi Wang[1], Jie-shin Cheng[1]

1. Chaoyang University of Technology

In recent years, the rainfall distribution is not uniform because of extreme weather events, the occurrence frequency of heavy rain increases. Coupled with steep terrain and complicated geological condition, so that the slope often occurred landslide when typhoon or heavy rain. Landslide susceptibility map delineates the potential zones for landslide occurrence. To develop the landslide model, we used several independent data layers that are recognized as effective factors in landslide occurrence, including slope, aspect, shear strength of rock or soil, dip and dip direction of stratum, and distance to road. All data layers were converted to raster layers with a 30 m ×30 m cell size. A total of 231336 cells were derived in study area. For assessing landslide susceptibility spatially, this study used fuzzy c-means clustering algorithm to classify the aforementioned data set in the study area into six clusters. Each cluster has similar natural environmental conditions and collapse situation. It is helpful to establish the monitoring management system and it can be applied to an early warning system in the landslide. Results of validation show that this model can accurately predict the occurrence of new landslides.

Keywords: Landslide susceptibility map, Fuzzy c-means , Clustering algorithm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles

*Sheng-Jia Liu[1]

1. qwepoi13@gmail.com

The geology of Taiwan is generally vulnerable due to the natural adverse conditions such as younger strata, steep topography, active orogeny, frequent seismic activity, weathering and erosion, frequent typhoons, high rainfall, etc. Furthermore, the human factors like immature law and regulations, the weak execution, and improper land use and development also play an important role in reducing the slope stability. These factors to some degree worsen the slope conditions, lead to a more frequent natural disaster and cause the loss of life and property.

In order to effectively evaluate the landslide susceptibility and map the high risk areas, the Soil and Water Conservation Bureau of Taiwan Executive Yuan (SWCB) provides an assessment method for assessing the risk level of landslide susceptibility by selecting the combinations of impact factors that may trigger landslides. However, the accuracy and efficiency of data acquisitions, in a conventional way, for the assessment method are still limited.
With the advantages of UAVs, the digital image with high resolutions for a wider area without terrain restrictions can be obtained efficiently. Its applications have become more widespread, from battlefield detections and communications to forest management and mapping. This study utilizes the latest Dynamic Post-Processing Motion (PPK) positioning system to capture high-resolution image data from a chosen site in the northern part of Taiwan. The terrain information was extracted from aerial images using Pix4Dmapper with aerial triangulation techniques, thus the external direction of each image and the camera's internal direction parameters can be obtained, the point cloud data can be matched automatically, and a digital surface mode can be established. Further, a three-dimensional model with topographic map and landslide susceptibility evaluations can be established and performed by comparing with historical data and monitoring the slope conditions. A modified assessment method is proposed using the three factors (slope, the volume of soil and rock accumulations, and rainfall) to assess the landslide susceptibility of the study area. The evaluations made by the proposed method are in agreement with the SWCB method. The results from this study can be used in slope management and precaution, and rescue and recovery.

Keywords: UAVs, landslides, debris flows, susceptibility evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり
Largescale landslide induced by AD1586 Tensho-Earthquake in Gifu Prefecture, central Japan

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4]
*Takahiro Kurimoto[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3], Ryuji Yamada[4], Takashi Kimura[4]

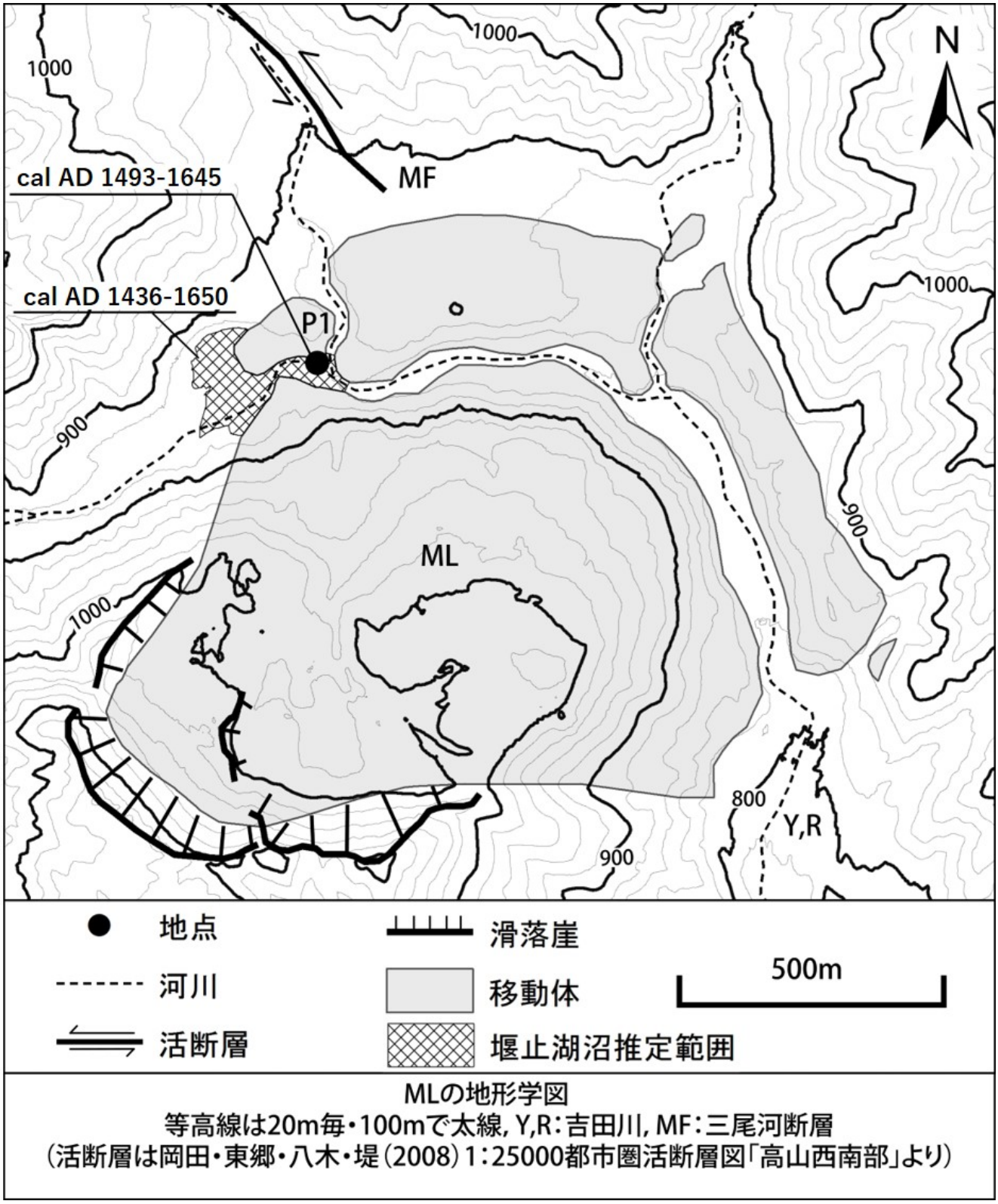
1. 専修大学・学、2. 専修大学文学部環境地理学科、3. 日本ジオサービス、4. 防災科学技術研究所
1. Undergraduate Senshu University, 2. Department of Geography, Senshu University, 3. Japan Geoservice Incorporated, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

岐阜県郡上市明宝地区には，水沢上地すべり（以下，MLとする）と呼ばれる大規模地すべり地（V=2.2×10^{7} m^{3}）が存在する．MLは古文書や伝承に基づき荘川断層帯を震源断層とする1586年天正地震に伴って発生したとされているが，地形学・地質学的資料に根ざした議論はほとんどなかった．筆者らは現地踏査と地形判読を基礎として，MLの地形・地質特性や発生時期，誘因を検討した．

滑落崖はやや不明瞭ながら，移動体は明確に識別できる．移動体上には凹凸の微・小地形が発達する．移動体は3つのブロックに細分でき，二次的滑動があったことを示唆する．地すべり堆積物は主に淘汰の悪い安山岩の角礫層からなり，礫にはジグソー・クラックの発達が特徴的に認められる．地すべり堆積物中には地すべり発生時に巻き込まれたクロボク状表土の破片が認められる．この破片に含まれる木片2点の較正年代幅（2σ）は cal AD1493～1645を示す．また地すべり堆積物に堰き止められた湖沼・氾濫原堆積物も確認される．この堆積物中の木片5点の較正年代幅（2σ）は cal AD1436～1650であった．以上より，MLは堰き止め湖沼・氾濫原を伴った大規模地すべりであったと結論づけられる．地すべりの規模からみて誘因としては強震動が想定され，各種試料の年代値との整合性からは1586年天正地震であった可能性が極めて高い．ただし10年後には1596年慶長伏見地震が京都地方で発生しているため，なお慎重に検討する必要がある．

キーワード：1586年天正地震、大規模地すべり、庄川断層帯、堰き止め湖沼
Keywords: AD1586 Tensho-earthquake, Large-scale landslide, Shokawa fault zone, Dammed lake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



MLの地形学図
等高線は20m毎・100mで太線, Y,R:吉田川, MF:三尾河断層
(活断層は岡田・東郷・八木・堤(2008)1:25000都市圏活断層図「高山西南部」より)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

The Lushan landslide located in the middle of Taiwan, has slid and damaged the road due to typhoons or heavy rainfalls for recent decades. It’ s seriously affecting the safety of life and property of the Lushan Hot Spring Tourist Area and local residents in the lower slope. In order to understand the probability of failure (Pf) of Lushan landslide, we built a numerical model by Plaxis2D, which is validated by the monitoring data of the 2009 typhoon Morakot. However, due to the lack of complete parameter data, uncertainties exist and may affect the simulation result of the collapse. With the back calculated friction angle (∅) and cohesion (c) from Plaxis2D, we used the Monte Carlo Simulation (MCS) to consider the friction angle and the cohesion of sliding body as random variables with uncertainty. The results are statistically analyzed to obtain the Probability Density Function (PDF) of the two parameters. Based on the parameter settings above, with the designed rainfall events at 24hr, 48hr and 72hr rainfall duration and 10, 25, 50, 100 and 200 years of recurrence interval, we calculate the factor of safety (SF) of the Lushan landslide in these 18 simulated rainfall events. Finally, we can obtain the distribution of factor of safety (SF) and probability of failure (Pf) of the Lushan landslide in different rainfall durations and recurrence intervals.

Keywords: probability of failure, Monte Carlo Simulation, uncertainty

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

Interpretation of landslide surface deformation in Kali Gandaki River watershed, Nepal using ALOS-2/PALSAR-2 InSAR image

*佐藤 浩[1]
*Hiroshi, P. Sato[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

カグベニからガサに至るカリガンダキ川，タッコーラーマクティナス地方では先行研究によって氷河地形や河成段丘，地すべりの記載や地形学図が作成されてきた。とりわけゴルカ地震（2015年4月25日；Mw7.8）後の河道閉塞をもたらす地すべりに注意が払われている。そこで，SAR干渉画像により地震後のカリガンダキ川流域の山地斜面の地すべり性斜面変動を判読しようとした。作成したSAR干渉画像は，ALOS-2/PALSAR-2データによるマスター画像／スレーブ画像の順に，08Oct2015/17Dec2015，08Oct2015/30Nov2017，25Feb2016/06Oct2016，30Nov2017/24Jan2019，08Mar2018/24Jan2019，31May2018/24Jan2019の６つの画像である。いずれの画像もジョムソンを中心としたカリガンダキ川本川に面した斜面に明瞭な地すべり性地表変動の前兆は判読されなかった。しかし，比較的干渉性の良かった08Oct2015/17Dec2015では，カリガンダキ川支川のMyagdi Riverの流域で，明瞭な地すべり性地表変動がいくつか判読（例えば83.3983E，28.4842N）された。

キーワード：SAR、地震、地すべり、判読
Keywords: SAR, earthquake, landslide, interpretation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1], Chi-Yao Hung[1]

1. National Chung Hsing University

The different basal boundary conditions profoundly affected the flow behavior of debris flow. However, it is hard to have a general and straightforward model to describe the flow profile switching from different bed conditions. In this study, we purpose a new depth-averaged model to simulate the dense granular flow transition between the rigid and mobile bed. The model is based on mass conservation, momentum conservation, and kinetic energy conservation. We apply the linearized mu(I) rheology to describe granular deformation and assume Coulomb friction along the sidewalls. By incorporating the basal shear rate term into the equations, the theory can balance the extra force from rigid bed friction force. To check the model approach, we conducted an equilibrium and non-equilibrium heap flow experiments using the narrow see-saw channel, which can be tilted to different angles between runs or during flows. To compare the experimental results with the theory, the flow fields are monitored using high-speed video and particle-tracking velocimetry.

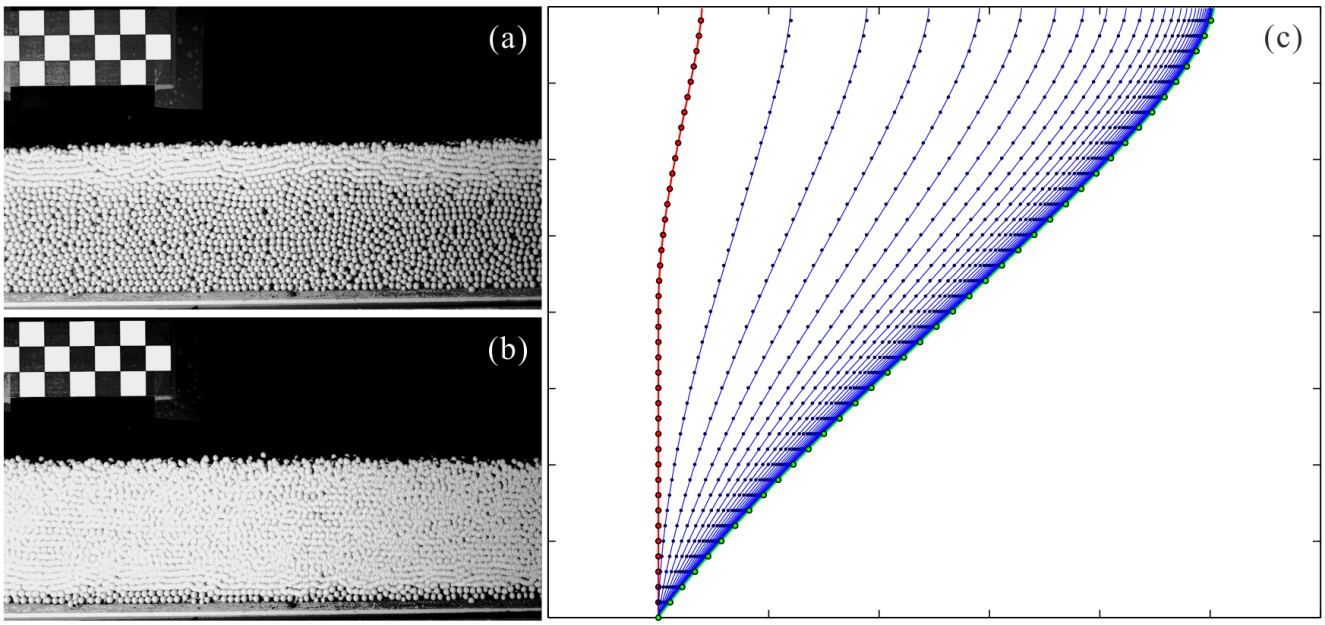


Fig.1 Experimental longexpousre image (a) over deposition bed; (b) over rigid bed; and (c) the transition velocity profile of theory prediction.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1], Chi-Yao Hung[1]

1. National Chung Hsing University

Entrainment rate at base controls how far the debris flow can travel and how large the debris flow becomes. Flow rheology of Refractive Index Matching (RIM) material are generally limited by the mono-particle properties (such as polymethyl methacrylate/liquid para-cymene etc.). In this study, a new RIM material (polyacrylamide polymer/18% Methanol solution) having a wide range of particle size distribution and viscosity (Fig. 1L) are purposed to visualize and measure the erosion process of mobile bed dam break experiments. Various rheology models may be formed by the different ratio of particle size. To improve the contrast between the particle phase and the liquid phase, a dye is used to make the particles bright under laser illumination. By varying the dye concentration, the entraining/detraining processes are easily distinguished (Fig. 1R). Granular motion is captured through a high-speed camera and Particle Tracking Velocimetry (PTV) method. Finally, an empirical relationship between the rheology and the entraining/ detraining process is developed.

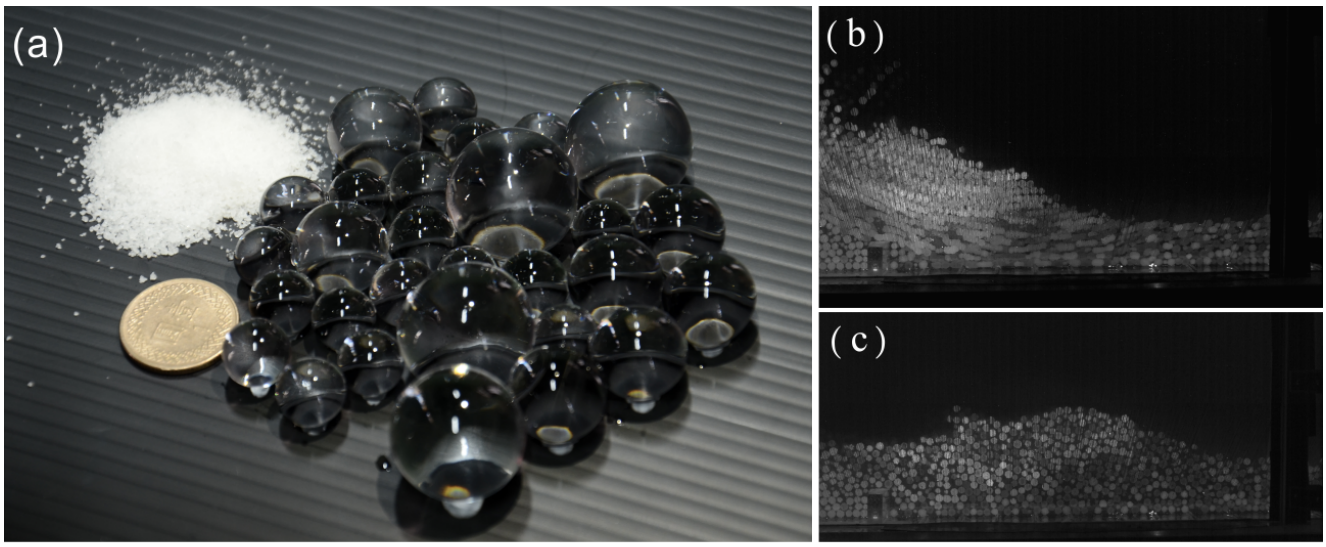


Fig.1 Experimental image (a)wide range of particle size; (b)longexposure image of dam break occurrence; (c)particles with different concentration of dye.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験
Sandbox experiments of submarine landslide caused by water film in low permeability layer

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3]
*Shogo Kawakita[1], Daisuke Asahina[2], Keiji Kitajima[3], Mitsukazu Nakanishi[3]

1. 日本大学大学院理工学研究科、2. 産業技術総合研究所、3. 日本大学理工学部
1. Graduate School of Science & Technology, Nihon Univ., 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. College of Science & Technology, Nihon Univ.

近年，海底堆積物の地すべりによる被害が数多く報告されている。海底地すべりは，陸上地すべりに比べ，規模が大きく，その移動距離も大きいことから大規模災害の要因になり得る。しかし，海底という環境で起こり，直接観察できないことが，海底地すべりの発生メカニズムの解明を困難にしている。

Kokusho et al. (2000) は，海底地すべりの１つの発生要因として，液状化による水膜現象を提唱し，以下のように説明した。地震により地盤が液状化すると，密度の高い土粒子が沈下し，間隙水が地表へ向けて上昇する。その際に地盤に透水性の低い層(低透水層)が存在すると，間隙水は低透水層直下に貯留し，余剰間隙水圧領域(水膜)が形成される。水膜はせん断強度が低いため，傾斜勾配が安息角よりも低い地盤においても，上部の地層が水平方向に移動する現象(側方流動)を引き起こす可能性がある。

本研究では，液状化による砂の移動と水膜による側方流動を明瞭に区別することが可能な地盤模型を作製し，水膜形成が上層地盤の側方流動に与える影響を調べた。通常，複数の層からなる傾斜地盤模型では，振動を与えると砂が移動をし始め，液状化する前に傾斜がなくなり水平になる。そのため水膜の形成と側方流動を観察することが難しい。これを解決するために，土槽内部に堰板を設けて下層の流動を防ぐ仕組み考案した。この仕組みにより，下層の液状化による砂の移動と水膜による側方流動を区別して観察することが可能になった。低透水層があるケースでは，振動を与えると下層が液状化を起こし，細かい砂粒子を含んだ間隙水が上昇していく様子が観察できた。その後，低透水層下部に水膜ができ，水膜に沿うように上層が流動した。低透水層があるケースにおいて，傾斜角度の増加と移動距離，最大流動速度の相関性は見られなかった。傾斜角度の影響は側方流動そのものよりも，側方流動中の噴砂の発生位置に影響した。噴砂が発生する位置は傾斜角度が大きくなるほど，斜面上方に移動した。この理由として，傾斜角度が大きくなると，(i)斜面上方の下層層厚が厚くなるため，より多くの間隙水が上昇すること，(ii)振動による砂の移動が多くなるため，斜面上方の上層層厚が薄くなったことが挙げられる。これらの理由から，斜面上方では斜面下方に比べて噴砂が発生しやすい状況にあったと考えられる。

[文献]

Kokusho, T.: Mechanism for water film generation and lateral flow in liquefied sand layer, Soils and Foundations, Vol.40, No.5, p 99-111, 2000.

キーワード：海底地すべり、間隙水圧、水膜、側方流動
Keywords: Submarine Landslides, Pore Water Pressure, Water Film, Lateral Flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand

*JIN-YI YU[1], KUANG-TSUNG CHANG[1]

1. National Chung Hsing University

In this study, we investigated the effects of creep on sand and cemented sand, using triaxial test. Sand represents a non-cohesive material, while cemented sand represents a brittle material. Before the failure of specimens, the deviator stress was fixed and the cyclic mean stress was applied to study the influence of creep on the materials. According to the test results, the axial strain accumulation of sand caused by creep is less, and the peak strength is larger than that of the monotonic loading when the axial loading is resumed. For cemented sand, creep causes microcracks inside the specimens, gradually forming a failure surface. When the axial strain accumulation is large enough, the reapplication of the axial loading shows a reduction of peak strength. We conclude that the influence of creep on non-cohesive material (sand) is limited, whereas creep can reduce the strength of the brittle material (cemented sand) and even cause failure.

Keywords: creep, triaxial test, sand, cemented sand, strength, failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響
The effects of seepage force and the Poisson’s ratio on slope stability

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2]
*Hirokazu Fukui[1], Tomomi Terajima[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate school of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

豪雨時に発生する表層崩壊のタイミングを正確に予測するには、地中を流動する浸透流の向きと大きさ、及び土圧を考慮しなければいけない。本研究では、砂質模型斜面（全長 9m、幅 1m、高さ約 4m）に人工降雨（80mm/h）を降らせ、埋設した合計30個のテンシオメータによって間隙水圧を測定することによって、動水勾配から土層にはたらく浸透力の向きと大きさを計算するとともに、土圧としてポアソン比を考慮することによって、従来の極限平衡法による斜面安定解析を改良した。その結果、計算結果と実験結果がおおむね一致することがわかった。この計算結果は、各種応力およびモーメントのつり合いを考慮するスペンサー法による計算結果に比べて、今回の実験による崩壊の発生時刻に近づいた値を導き出しており、崩壊発生プロセスをより正確に表現できる可能性があることがわかった。このことから、今後、野外観測や原寸大の模型斜面を用いた実験等により、崩壊発生に関与する重大な要因としての斜面土層にはたらく浸透力と土圧の役割を検証していく必要がある。

キーワード：プロセスベース、浸透力、ポアソン比、表層崩壊、砂質模型斜面
Keywords: process-based model, Seepage force, the Poisson's ratio, Shallow landslide, Sandy model slope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

The causes of many slope disasters are often related to the seepage behaviors of soil. For instance, groundwater seepage may cause internal erosion of the soil. The soil particles are taken away by seepage water to form void or pipe. In addition , the earth pressure leads to the collapse of the overlying soil.

In this study, we designed a set of apparatus that can add confining pressure to the outside of the specimen. In order to simulate the situation of sand in slopes, we investigated the critical seepage velocity of sands caused by seepage erosion failure under different confining pressure, with different particle size distributions, sizes of outflow, etc. Then a failure criterion for seepage erosion is developed based on the drag equation in fluid dynamics and confirm with experimental data.

The results show that the critical seepage velocity at failure is affected by the particle size distributions, sizes of outflow and the confining pressure. The theoretical results are compared well to the experimental data.

Keywords: seepage erosion, Drag equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

Weak planes influence failure and deformation of slopes. We conducted experiments to simulate slopes of different orientations of weak planes, including cataclinal and analcinal slopes with 30˚ and 60˚ inclination angles of weak planes. We stacked artificial bricks to make small-sized slope models. The artificial bricks were made of gypsum, sand, cement and water with different weight proportion. In view of the scaling law, the artificial bricks were made less strength than natural rocks. The slope models were weakened under rainfall, resulting in deformation and final collapse. The slope deformation processes were photographed by a camera, and the displacement vector fields were analyzed using the Particle Image Velocimetry (PIV). The deformation and accumulated displacements were compared between slopes of different orientations of weak planes.

Keywords: cataclinal slope, analcinal slopes, rainfall, Particle Image Velocimetry (PIV), weak planes, deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[H-DS09] 地すべりおよび関連現象

コンビーナ:千木良 雅弘(京都大学防災研究所)、王 功輝(京都大学防災研究所)、今泉 文寿(静岡大学農学部)

Mass movements, such as landslides, rockfalls, and debris flows, have been occurring extensively in a large number of countries, causing heavy damage. In order to understand them and mitigate induced disasters, we invite contributions that report and discuss on mass movements and related phenomena, focusing on improved understanding of their characteristics; new insights into landslide mechanisms; the development of new approaches to monitoring; novel approaches to behavior forecasting and prediction; studies of successful landslide management; and the development of methods for hazard and risk evaluation. In particular, papers about recent landslide hazards, induced by 2017 northern Kyushu rainstorm, 2018 Osaka earthquake, 2018 western Japan rainstorm, and 2018 Hokkaido earthquake are welcome.

[HDS09-P01] **Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido**

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲 (1.北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2.北海道大学理学部地球惑星科学科)

[HDS09-P02] A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

★Invited Papers

*Zheng-yi Feng[1]、Hao-yang Huang[1]、Chia-Ming Chuang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P03] Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1]、Chia-Ming Chuang[1]、Hao-yang Huang[1] (1.Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan)

[HDS09-P04] **Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map**

*Pei-hsun Tsai[1]、Syuan-yi Wang[1]、Jie-shin Cheng[1] (1.Chaoyang University of Technology)

[HDS09-P05] **A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles**

*Sheng-Jia Liu[1] (1.qwepoi13@gmail.com)

[HDS09-P06] 1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4] (1.専修大学・学、2.専修大学文学部環境地理学科、3.日本ジオサービス、4.防災科学技術研究所)

[HDS09-P07] Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P08] ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

*佐藤 浩[1] (1.日本大学文理学部)

[HDS09-P09] A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P10] A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1]、Chi-Yao Hung[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P11] 低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3] (1.日本大学大学院理工学研究科、2.産業技術総合研究所、3.日本大学理工学部)

[HDS09-P12] **Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand**

*JIN-YI YU[1]、KUANG-TSUNG CHANG[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P13] 浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2] (1.京都大学理学研究科、2.京都大学防災研究所)

[HDS09-P14] Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

[HDS09-P15] Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1]、Kuang-Tsung Chang[1] (1.National Chung Hsing University)

Fluidized landslides triggered by the liquefaction of subsurface volcanic deposits during the 2018 Iburi–Tobu earthquake, Hokkaido

*亀田 純[1]、神谷 宙[2]、増本 広和[1]、森﨑 暁紀[1]、平塚 達[2]、稲生 千咲
*Jun Kameda[1], Hiro Kamiya[2], Hirokazu Masumoto[1], Tomonori Morisaki[1], Toru Hiratsuka[2], Chisaki Inaoi

1. 北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻、2. 北海道大学理学部地球惑星科学科
1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Hokkaido University

The Iburi–Tobu earthquake of M_w = 6.7 occurred at 3:07 AM (local time) on 6 September 2018, in southern Hokkaido, Japan. The earthquake caused power cuts and destroyed distribution networks across Hokkaido, creating widespread disruption. A total of 41 people were killed during the earthquake, with most of these (36 people) perishing in landslides near the epicenter. The hills in southwestern Hokkaido are widely covered by volcanic deposits, derived from the repeated eruptions of nearby volcanoes such as Tarumai, Eniwa, and Shikotsu (e.g., Nakagawa et al., 2018). On 4 September, Typhoon Jebi caused heavy rainfall in this area, which likely soaked and weakened the volcanic soils. Subsequent earthquake ground motion (with a maximum intensity of 7 on the intensity scale of Japan Meteorology Agency; Japan Meteorology Agency, 2018) may have triggered sudden whole-slope failures. The total number of the present landslides was ~6000 (Yamagishi and Yamazaki, 2018), and most of the recorded landslides are shallow and show features characteristic of fluidized landslides, such as long runouts of debris on a flat depositional area.
To investigate the mechanism generating the landslides triggered by the Iburi–Tobu earthquake, we conducted a field survey at a typical landslide in the Tomisato area of Atsuma, and we found a distinctive occurrence of liquefaction in the field, which could be a precursive condition for the generation of the fluidized landslides triggered by the earthquake. In the scarp of the landslide, an altered halloysite-bearing volcanic layer is observed at a level almost coincident with the sliding surface. The layer is intensely undulating and can be divided into an upper clay-rich layer and a lower pumice-rich layer, suggesting that the altered layer had liquefied as a result of the strong coseismic ground motion. The layer had been soaked by heavy rainfall just one day before the earthquake and could have liquefied by interstitial fluid pressurization, producing a weak and slippery plane, resulting in the catastrophic landslides in this area.

キーワード：流動化地すべり、北海道胆振東部地震、ハロイサイト
Keywords: fluidized landslide, 2018 Iburi–Tobu earthquake, halloysite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A comparison between the acoustic signals and seismic signals generated during a dam-break test

*Zheng-yi Feng[1], Hao-yang Huang[1], Chia-Ming Chuang[1]

1. Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

Natural events, such as landslide, sediment transport, flooding, etc., usually release energy to produce acoustic waves and seismic waves. Acoustic wave is transmitted through air and seismic wave is transmitted through geologic structure. Therefore, the characteristics of acoustic waves and the seismic waves induced by these events should be different. This study focus on the differences in the acoustic signals and seismic signals during a dam-break test performed by the authors. We built a model dam and slope in a creek for the test. We filled the dam with water and caused it to overflow. The overflow water caused the downward erosion of the dam. The flood due to the dam-break eroded the toe of the model slope causing the slope to collapse locally. We set up microphones to collect acoustic signals and installed accelerometers to collect vertical seismic signals generated by the flood and collapse events during the test. During the test we also used unmanned aerial vehicle (UAV) to continuously take photos for the collapsed areas for making the digital surface model (DSM) of the slope to analyze the volumes of the collapsed materials. We used Hilbert-Huang Transform (HHT) to obtain the time-frequency spectra for the acoustic signals and seismic signals. From the spectra, we compared the energy and frequency content of the two kinds of signals and their differences. The results show that the acoustic signal showing earlier indication of overtopping than that of the seismic signal. In addition, the acoustic and seismic signals generated during the flood can correspond to each other. The collapse events of the slope during the flood can be investigated also by examining the time-frequency spectrum of the seismic signal. Usually the signals of the collapse events can be distinguished from the flooding signals.

Keywords: dam break, landslide, slope, acoustic signal, seismic signal, flood

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation of factors of safety and landslide risk for a watershed by Scoops3D

*Zheng-yi Feng[1], Chia-Ming Chuang[1], Hao-yang Huang[1]

1. Department of Soil and Water Conservation, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

In this study, the Scoops3D code (USGS, 2015) is used to analyze the three-dimensional stability of the slopes in a watershed in Taiwan. To perform Scoops3D it requires the inputs such as digital elevation model (DEM), geological materials, groundwater level, earthquake, etc. The code calculates the minimum factor of safety (F.S.) and the associated potential failure volumes by using three-dimensional limit equilibrium method. We performed a comprehensive analysis of slope stability for the research areas using the Scoops3D code. The ArcMap software was used to present the F.S. that are less than unity as a 2D contoured map. We can observe this contoured map to understand the overall slope stability of the studied watershed. We perform a parametrical study by set three different sizes of sliding volume, “large”, “medium” and “small”, for evaluating the risk of landslide for the three different volume sizes.

Keywords: Landslide, Scoops3D, Factor of safety, Risk

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fuzzy Clustering Algorithms for Establishing Landslide Susceptibility Map

*Pei-hsun Tsai[1], Syuan-yi Wang[1], Jie-shin Cheng[1]

1. Chaoyang University of Technology

In recent years, the rainfall distribution is not uniform because of extreme weather events, the occurrence frequency of heavy rain increases. Coupled with steep terrain and complicated geological condition, so that the slope often occurred landslide when typhoon or heavy rain. Landslide susceptibility map delineates the potential zones for landslide occurrence. To develop the landslide model, we used several independent data layers that are recognized as effective factors in landslide occurrence, including slope, aspect, shear strength of rock or soil, dip and dip direction of stratum, and distance to road. All data layers were converted to raster layers with a 30 m ×30 m cell size. A total of 231336 cells were derived in study area. For assessing landslide susceptibility spatially, this study used fuzzy c-means clustering algorithm to classify the aforementioned data set in the study area into six clusters. Each cluster has similar natural environmental conditions and collapse situation. It is helpful to establish the monitoring management system and it can be applied to an early warning system in the landslide. Results of validation show that this model can accurately predict the occurrence of new landslides.

Keywords: Landslide susceptibility map, Fuzzy c-means , Clustering algorithm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A Study on Landslides and Debris Flows Susceptibility Mapping Using Unmanned Aerial Vehicles

*Sheng-Jia Liu[1]

1. qwepoi13@gmail.com

The geology of Taiwan is generally vulnerable due to the natural adverse conditions such as younger strata, steep topography, active orogeny, frequent seismic activity, weathering and erosion, frequent typhoons, high rainfall, etc. Furthermore, the human factors like immature law and regulations, the weak execution, and improper land use and development also play an important role in reducing the slope stability. These factors to some degree worsen the slope conditions, lead to a more frequent natural disaster and cause the loss of life and property.

In order to effectively evaluate the landslide susceptibility and map the high risk areas, the Soil and Water Conservation Bureau of Taiwan Executive Yuan (SWCB) provides an assessment method for assessing the risk level of landslide susceptibility by selecting the combinations of impact factors that may trigger landslides. However, the accuracy and efficiency of data acquisitions, in a conventional way, for the assessment method are still limited.
With the advantages of UAVs, the digital image with high resolutions for a wider area without terrain restrictions can be obtained efficiently. Its applications have become more widespread, from battlefield detections and communications to forest management and mapping. This study utilizes the latest Dynamic Post-Processing Motion (PPK) positioning system to capture high-resolution image data from a chosen site in the northern part of Taiwan. The terrain information was extracted from aerial images using Pix4Dmapper with aerial triangulation techniques, thus the external direction of each image and the camera's internal direction parameters can be obtained, the point cloud data can be matched automatically, and a digital surface mode can be established. Further, a three-dimensional model with topographic map and landslide susceptibility evaluations can be established and performed by comparing with historical data and monitoring the slope conditions. A modified assessment method is proposed using the three factors (slope, the volume of soil and rock accumulations, and rainfall) to assess the landslide susceptibility of the study area. The evaluations made by the proposed method are in agreement with the SWCB method. The results from this study can be used in slope management and precaution, and rescue and recovery.

Keywords: UAVs, landslides, debris flows, susceptibility evaluation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1586年天正地震に伴い発生した岐阜県郡上市の水沢上地すべり
Largescale landslide induced by AD1586 Tensho-Earthquake in Gifu Prefecture, central Japan

*栗本 享宥[1]、苅谷 愛彦[2]、目代 邦康[3]、山田 隆二[4]、木村 誇[4]
*Takahiro Kurimoto[1], Yoshihiko Kariya[2], Kuniyasu Mokudai[3], Ryuji Yamada[4], Takashi Kimura[4]

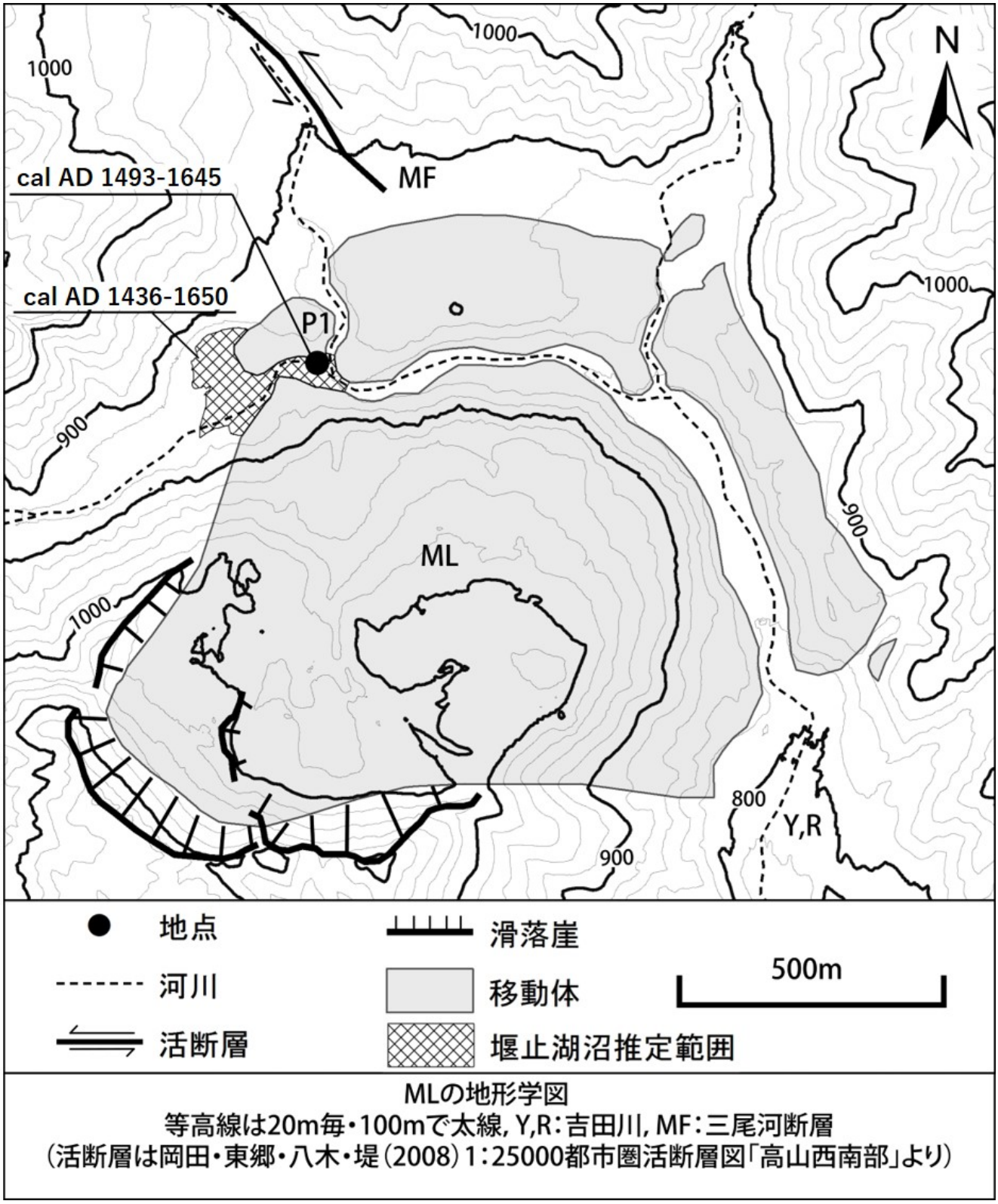
1. 専修大学・学、2. 専修大学文学部環境地理学科、3. 日本ジオサービス、4. 防災科学技術研究所
1. Undergraduate Senshu University, 2. Department of Geography, Senshu University, 3. Japan Geoservice Incorporated, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

岐阜県郡上市明宝地区には，水沢上地すべり（以下，MLとする）と呼ばれる大規模地すべり地（V=2.2×10^{7} m^{3}）が存在する．MLは古文書や伝承に基づき荘川断層帯を震源断層とする1586年天正地震に伴って発生したとされているが，地形学・地質学的資料に根ざした議論はほとんどなかった．筆者らは現地踏査と地形判読を基礎として，MLの地形・地質特性や発生時期，誘因を検討した．

滑落崖はやや不明瞭ながら，移動体は明確に識別できる．移動体上には凹凸の微・小地形が発達する．移動体は3つのブロックに細分でき，二次的滑動があったことを示唆する．地すべり堆積物は主に淘汰の悪い安山岩の角礫層からなり，礫にはジグソー・クラックの発達が特徴的に認められる．地すべり堆積物中には地すべり発生時に巻き込まれたクロボク状表土の破片が認められる．この破片に含まれる木片2点の較正年代幅（2σ）は cal AD1493～1645を示す．また地すべり堆積物に堰き止められた湖沼・氾濫原堆積物も確認される．この堆積物中の木片5点の較正年代幅（2σ）は cal AD1436～1650であった．以上より，MLは堰き止め湖沼・氾濫原を伴った大規模地すべりであったと結論づけられる．地すべりの規模からみて誘因としては強震動が想定され，各種試料の年代値との整合性からは1586年天正地震であった可能性が極めて高い．ただし10年後には1596年慶長伏見地震が京都地方で発生しているため，なお慎重に検討する必要がある．

キーワード：1586年天正地震、大規模地すべり、庄川断層帯、堰き止め湖沼
Keywords: AD1586 Tensho-earthquake, Large-scale landslide, Shokawa fault zone, Dammed lake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



MLの地形学図
等高線は20m毎・100mで太線, Y,R:吉田川, MF:三尾河断層
(活断層は岡田・東郷・八木・堤(2008)1:25000都市圏活断層図「高山西南部」より)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Failure Probability of Lushan Landslide, Taiwan

*Wei-Ting Lin[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

The Lushan landslide located in the middle of Taiwan, has slid and damaged the road due to typhoons or heavy rainfalls for recent decades. It’ s seriously affecting the safety of life and property of the Lushan Hot Spring Tourist Area and local residents in the lower slope. In order to understand the probability of failure (Pf) of Lushan landslide, we built a numerical model by Plaxis2D, which is validated by the monitoring data of the 2009 typhoon Morakot. However, due to the lack of complete parameter data, uncertainties exist and may affect the simulation result of the collapse. With the back calculated friction angle (∅) and cohesion (c) from Plaxis2D, we used the Monte Carlo Simulation (MCS) to consider the friction angle and the cohesion of sliding body as random variables with uncertainty. The results are statistically analyzed to obtain the Probability Density Function (PDF) of the two parameters. Based on the parameter settings above, with the designed rainfall events at 24hr, 48hr and 72hr rainfall duration and 10, 25, 50, 100 and 200 years of recurrence interval, we calculate the factor of safety (SF) of the Lushan landslide in these 18 simulated rainfall events. Finally, we can obtain the distribution of factor of safety (SF) and probability of failure (Pf) of the Lushan landslide in different rainfall durations and recurrence intervals.

Keywords: probability of failure, Monte Carlo Simulation, uncertainty

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS-2/PALSAR-2のSAR干渉画像を用いたネパール，カリガンダキ川流域における地すべり性地表変動の判読

Interpretation of landslide surface deformation in Kali Gandaki River watershed, Nepal using ALOS-2/PALSAR-2 InSAR image

*佐藤 浩[1]
*Hiroshi, P. Sato[1]

1. 日本大学文理学部
1. College of Humanities and Sciences, Nihon University

カグベニからガサに至るカリガンダキ川，タッコーラーマクティナス地方では先行研究によって氷河地形や河成段丘，地すべりの記載や地形学図が作成されてきた。とりわけゴルカ地震（2015年4月25日；Mw7.8）後の河道閉塞をもたらす地すべりに注意が払われている。そこで，SAR干渉画像により地震後のカリガンダキ川流域の山地斜面の地すべり性斜面変動を判読しようとした。作成したSAR干渉画像は，ALOS-2/PALSAR-2データによるマスター画像／スレーブ画像の順に，08Oct2015/17Dec2015，08Oct2015/30Nov2017，25Feb2016/06Oct2016，30Nov2017/24Jan2019，08Mar2018/24Jan2019，31May2018/24Jan2019の６つの画像である。いずれの画像もジョムソンを中心としたカリガンダキ川本川に面した斜面に明瞭な地すべり性地表変動の前兆は判読されなかった。しかし，比較的干渉性の良かった08Oct2015/17Dec2015では，カリガンダキ川支川のMyagdi Riverの流域で，明瞭な地すべり性地表変動がいくつか判読（例えば83.3983E，28.4842N）された。

キーワード：SAR、地震、地すべり、判読
Keywords: SAR, earthquake, landslide, interpretation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A depth-integrated model for granular flows on the transition of different bed conditions

*Ling-Yi Hsu[1], Chi-Yao Hung[1]

1. National Chung Hsing University

The different basal boundary conditions profoundly affected the flow behavior of debris flow. However, it is hard to have a general and straightforward model to describe the flow profile switching from different bed conditions. In this study, we purpose a new depth-averaged model to simulate the dense granular flow transition between the rigid and mobile bed. The model is based on mass conservation, momentum conservation, and kinetic energy conservation. We apply the linearized mu(I) rheology to describe granular deformation and assume Coulomb friction along the sidewalls. By incorporating the basal shear rate term into the equations, the theory can balance the extra force from rigid bed friction force. To check the model approach, we conducted an equilibrium and non-equilibrium heap flow experiments using the narrow see-saw channel, which can be tilted to different angles between runs or during flows. To compare the experimental results with the theory, the flow fields are monitored using high-speed video and particle-tracking velocimetry.

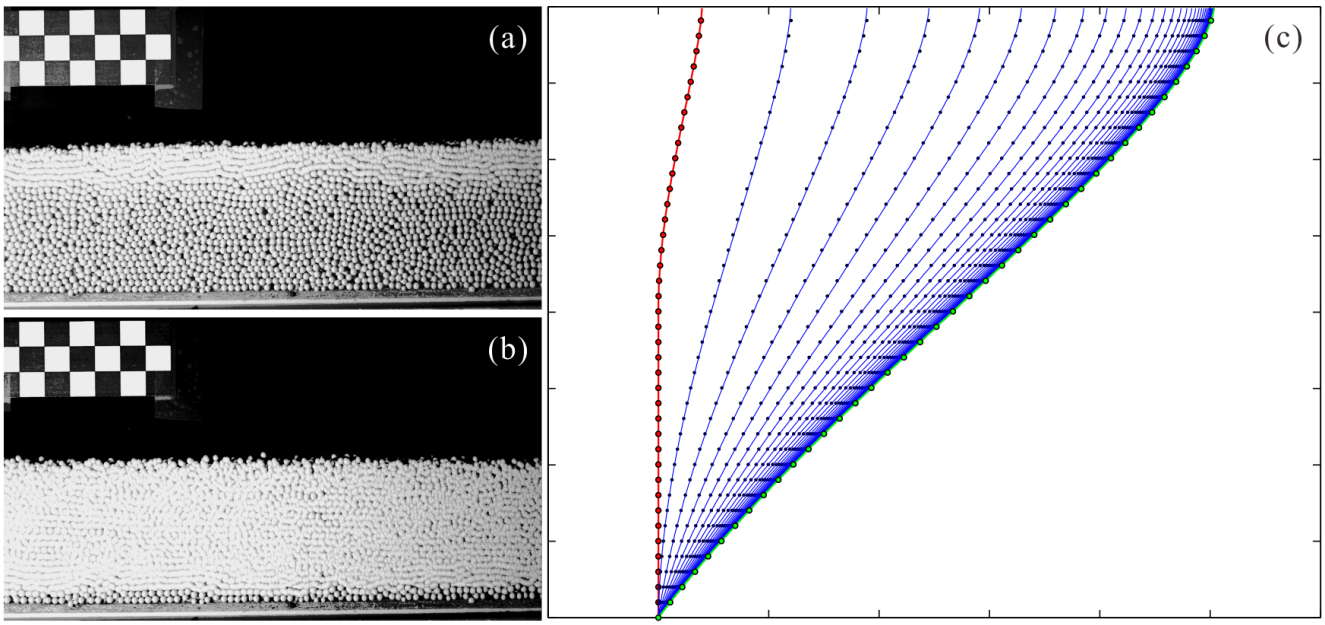


Fig.1 Experimental longexpousre image (a) over deposition bed; (b) over rigid bed; and (c) the transition velocity profile of theory prediction.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A viscous granular flow experiment with new refractive index matching material

*Tsai-Jung Lin[1], Chi-Yao Hung[1]

1. National Chung Hsing University

Entrainment rate at base controls how far the debris flow can travel and how large the debris flow becomes. Flow rheology of Refractive Index Matching (RIM) material are generally limited by the mono-particle properties (such as polymethyl methacrylate/liquid para-cymene etc.). In this study, a new RIM material (polyacrylamide polymer/18% Methanol solution) having a wide range of particle size distribution and viscosity (Fig. 1L) are purposed to visualize and measure the erosion process of mobile bed dam break experiments. Various rheology models may be formed by the different ratio of particle size. To improve the contrast between the particle phase and the liquid phase, a dye is used to make the particles bright under laser illumination. By varying the dye concentration, the entraining/detraining processes are easily distinguished (Fig. 1R). Granular motion is captured through a high-speed camera and Particle Tracking Velocimetry (PTV) method. Finally, an empirical relationship between the rheology and the entraining/ detraining process is developed.

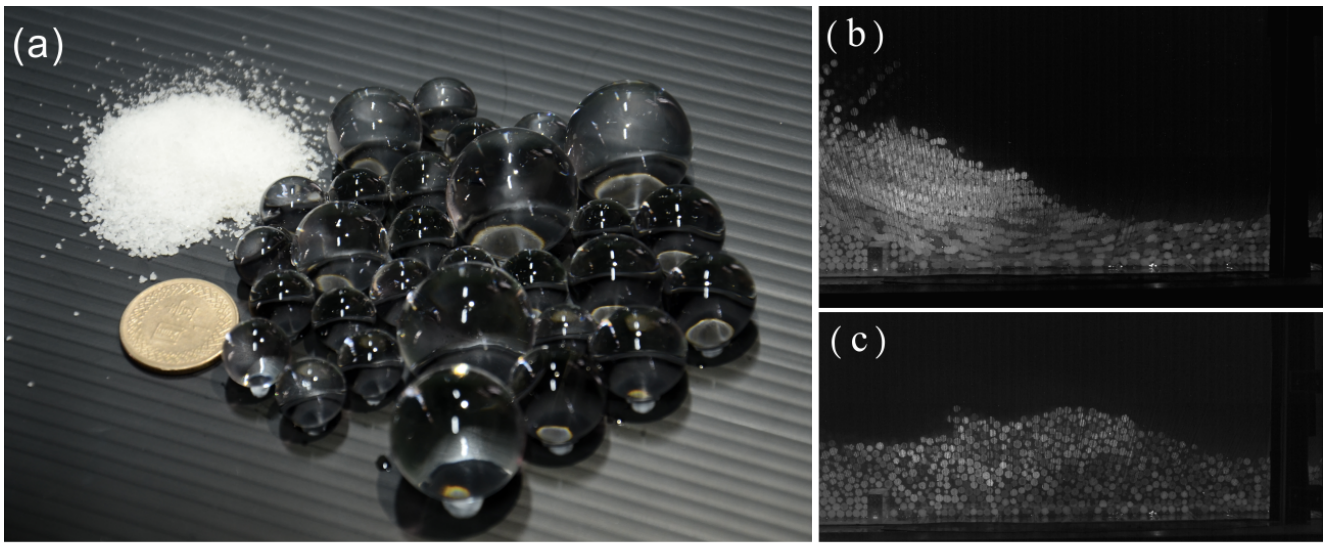


Fig.1 Experimental image (a)wide range of particle size; (b)longexposure image of dam break occurrence; (c)particles with different concentration of dye.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

低透水層に形成される水膜が起因となる海底地すべりに関する模型実験
Sandbox experiments of submarine landslide caused by water film in low permeability layer

*川北 章悟[1]、朝比奈 大輔[2]、北嶋 圭二[3]、中西 三和[3]
*Shogo Kawakita[1], Daisuke Asahina[2], Keiji Kitajima[3], Mitsukazu Nakanishi[3]

1. 日本大学大学院理工学研究科、2. 産業技術総合研究所、3. 日本大学理工学部
1. Graduate School of Science & Technology, Nihon Univ., 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. College of Science & Technology, Nihon Univ.

近年，海底堆積物の地すべりによる被害が数多く報告されている。海底地すべりは，陸上地すべりに比べ，規模が大きく，その移動距離も大きいことから大規模災害の要因になり得る。しかし，海底という環境で起こり，直接観察できないことが，海底地すべりの発生メカニズムの解明を困難にしている。

Kokusho et al. (2000) は，海底地すべりの１つの発生要因として，液状化による水膜現象を提唱し，以下のように説明した。地震により地盤が液状化すると，密度の高い土粒子が沈下し，間隙水が地表へ向けて上昇する。その際に地盤に透水性の低い層(低透水層)が存在すると，間隙水は低透水層直下に貯留し，余剰間隙水圧領域(水膜)が形成される。水膜はせん断強度が低いため，傾斜勾配が安息角よりも低い地盤においても，上部の地層が水平方向に移動する現象(側方流動)を引き起こす可能性がある。

本研究では，液状化による砂の移動と水膜による側方流動を明瞭に区別することが可能な地盤模型を作製し，水膜形成が上層地盤の側方流動に与える影響を調べた。通常，複数の層からなる傾斜地盤模型では，振動を与えると砂が移動をし始め，液状化する前に傾斜がなくなり水平になる。そのため水膜の形成と側方流動を観察することが難しい。これを解決するために，土槽内部に堰板を設けて下層の流動を防ぐ仕組み考案した。この仕組みにより，下層の液状化による砂の移動と水膜による側方流動を区別して観察することが可能になった。低透水層があるケースでは，振動を与えると下層が液状化を起こし，細かい砂粒子を含んだ間隙水が上昇していく様子が観察できた。その後，低透水層下部に水膜ができ，水膜に沿うように上層が流動した。低透水層があるケースにおいて，傾斜角度の増加と移動距離，最大流動速度の相関性は見られなかった。傾斜角度の影響は側方流動そのものよりも，側方流動中の噴砂の発生位置に影響した。噴砂が発生する位置は傾斜角度が大きくなるほど，斜面上方に移動した。この理由として，傾斜角度が大きくなると，(i)斜面上方の下層層厚が厚くなるため，より多くの間隙水が上昇すること，(ii)振動による砂の移動が多くなるため，斜面上方の上層層厚が薄くなったことが挙げられる。これらの理由から，斜面上方では斜面下方に比べて噴砂が発生しやすい状況にあったと考えられる。

[文献]

Kokusho, T.: Mechanism for water film generation and lateral flow in liquefied sand layer, Soils and Foundations, Vol.40, No.5, p 99-111, 2000.

キーワード：海底地すべり、間隙水圧、水膜、側方流動
Keywords: Submarine Landslides, Pore Water Pressure, Water Film, Lateral Flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on Creep Properties of Sand and Cemented Sand

*JIN-YI YU[1], KUANG-TSUNG CHANG[1]

1. National Chung Hsing University

In this study, we investigated the effects of creep on sand and cemented sand, using triaxial test. Sand represents a non-cohesive material, while cemented sand represents a brittle material. Before the failure of specimens, the deviator stress was fixed and the cyclic mean stress was applied to study the influence of creep on the materials. According to the test results, the axial strain accumulation of sand caused by creep is less, and the peak strength is larger than that of the monotonic loading when the axial loading is resumed. For cemented sand, creep causes microcracks inside the specimens, gradually forming a failure surface. When the axial strain accumulation is large enough, the reapplication of the axial loading shows a reduction of peak strength. We conclude that the influence of creep on non-cohesive material (sand) is limited, whereas creep can reduce the strength of the brittle material (cemented sand) and even cause failure.

Keywords: creep, triaxial test, sand, cemented sand, strength, failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

浸透力とポアソン比が斜面安定に与える影響
The effects of seepage force and the Poisson’s ratio on slope stability

*福井 宏和[1]、寺嶋 智巳[2]
*Hirokazu Fukui[1], Tomomi Terajima[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate school of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

豪雨時に発生する表層崩壊のタイミングを正確に予測するには、地中を流動する浸透流の向きと大きさ、及び土圧を考慮しなければいけない。本研究では、砂質模型斜面（全長 9m、幅 1m、高さ約 4m）に人工降雨（80mm/h）を降らせ、埋設した合計30個のテンシオメータによって間隙水圧を測定することによって、動水勾配から土層にはたらく浸透力の向きと大きさを計算するとともに、土圧としてポアソン比を考慮することによって、従来の極限平衡法による斜面安定解析を改良した。その結果、計算結果と実験結果がおおむね一致することがわかった。この計算結果は、各種応力およびモーメントのつり合いを考慮するスペンサー法による計算結果に比べて、今回の実験による崩壊の発生時刻に近づいた値を導き出しており、崩壊発生プロセスをより正確に表現できる可能性があることがわかった。このことから、今後、野外観測や原寸大の模型斜面を用いた実験等により、崩壊発生に関与する重大な要因としての斜面土層にはたらく浸透力と土圧の役割を検証していく必要がある。

キーワード：プロセスベース、浸透力、ポアソン比、表層崩壊、砂質模型斜面
Keywords: process-based model, Seepage force, the Poisson's ratio, Shallow landslide, Sandy model slope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on the factors of seepage erosion

*Szu-Wei Fu[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

The causes of many slope disasters are often related to the seepage behaviors of soil. For instance, groundwater seepage may cause internal erosion of the soil. The soil particles are taken away by seepage water to form void or pipe. In addition , the earth pressure leads to the collapse of the overlying soil.

In this study, we designed a set of apparatus that can add confining pressure to the outside of the specimen. In order to simulate the situation of sand in slopes, we investigated the critical seepage velocity of sands caused by seepage erosion failure under different confining pressure, with different particle size distributions, sizes of outflow, etc. Then a failure criterion for seepage erosion is developed based on the drag equation in fluid dynamics and confirm with experimental data.

The results show that the critical seepage velocity at failure is affected by the particle size distributions, sizes of outflow and the confining pressure. The theoretical results are compared well to the experimental data.

Keywords: seepage erosion, Drag equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Deformation of slope models with different orientations of weak planes

*taeyuan tseng[1], Kuang-Tsung Chang[1]

1. National Chung Hsing University

Weak planes influence failure and deformation of slopes. We conducted experiments to simulate slopes of different orientations of weak planes, including cataclinal and analcinal slopes with 30˚ and 60˚ inclination angles of weak planes. We stacked artificial bricks to make small-sized slope models. The artificial bricks were made of gypsum, sand, cement and water with different weight proportion. In view of the scaling law, the artificial bricks were made less strength than natural rocks. The slope models were weakened under rainfall, resulting in deformation and final collapse. The slope deformation processes were photographed by a camera, and the displacement vector fields were analyzed using the Particle Image Velocimetry (PIV). The deformation and accumulated displacements were compared between slopes of different orientations of weak planes.

Keywords: cataclinal slope, analcinal slopes, rainfall, Particle Image Velocimetry (PIV), weak planes, deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性
Possible submarine landslides as sources of the 2018 Sulawesi tsunami

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2]
*Kenji Nakata[1], Akio Katsumata[1], Abdul Muhari[2]

1. 気象庁気象研究所地震津波研究部、2. インドネシア海洋水産省
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

Muhari et al. (2018) は、2018年9月28日のMw7.5のスラウェシ島の地震後に同島パル湾沿岸を襲った津波について、潮位観測記録、ビデオ、浸水距離、現地調査の被害の状況などから、津波はパル湾の内側で発生したという仮説を立てた。さらにArikawa et al. (2018) は、沿岸地域での沈降が津波に関係している可能性とパル湾の入り口で津波が高くないということを指摘した。Heidarzadeh et al. (2018) は、USGSの有限断層モデルにより潮位記録を表せるとした一方で、現地調査で言われているような、巨大な津波を発生させる海底地滑りの可能性にも言及している。本研究では、海底地滑りによりパル湾の津波が発生したと想定し、潮位記録の波形を説明できる海底地滑りのありうる位置とサイズ、水深の浅い場所で津波が発生する必要性を津波シミュレーションで調査した。

数値計算の結果、観測された津波の周期を表すためには、水深の浅い場所に津波波源が必要なことが分かった。観測波形に合う津波を発生させた可能性の高い場所は、湾内の3か所で得られた。流動性を変化させて地滑り波源を計算することにより、観測された潮位記録を説明するためには、低い流動性のパル湾沿岸での海底地滑りを津波波源として想定する必要があることが分かった。

キーワード：2018年スラウェシ島の地震、海底地滑り、津波シミュレーション
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake, submarine landslide, tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2015年鳥島地震の津波データ同化
Tsunami Data Assimilation of the 2015 Torishima Earthquake

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2]
*Yuchen Wang[1], Kenji Satake[1], Osamu Sandanbata[1], Takuto Maeda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

The 2015 Torishima earthquake (M5.9) occurred at the Smith caldera, on May 2, 2015. It had a CLVD-type focal mechanism and generated larger tsunami waves compared to its seismic magnitude (Sandanbata et al., 2018). Therefore, it was regarded as a ‘volcanic tsunami earthquake’ –a tsunami earthquake with volcanic origin. The tsunami reached Hachijo Island, Boso Peninsula and Shikoku Island, and were recorded by tide gauges and ocean bottom pressure gauges (Kubota, 2018). Fukao et al. (2018) proposed an opening horizontal sill model to explain its origin. The abnormal mechanism makes it difficult to forecast tsunami from its seismic magnitude.
Tsunami data assimilation forecasts the tsunami by assimilating offshore observed data into a numerical simulation, without the need of calculating the initial sea surface height at the source (Maeda et al., 2015). In the Nankai region, the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) records the water pressure and has real-time data transmission. Synthetic experiments showed that this observational system was able to forecast the waveforms at Shikoku Island by tsunami data assimilation approach (Wang et al., 2018). Here, we performed this method to retroactively forecast the tsunami of the 2015 Torishima earthquake. We assimilated the observations of 16 DONET stations and two ocean bottom gauges off Muroto. The tsunami waveforms at the tide gauges Tosashimizu and Kushimoto were forecasted, and compared with the actual records.
The comparison between forecasted and observed waveforms at two tide gauges suggested that our method could forecast the tsunami amplitudes and arrival time accurately. The tsunami warning could be issued to local residents of Shikoku Island more than one hour before its arrival. Our method is merely based on offshore observations, and could be implemented for future tsunami warning systems.

キーワード：津波データ同化、津波予測、鳥島地震
Keywords: Tsunami Data Assimilation, Tsunami Forecasting, Torishima Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発
Method for real-time estimation of tsunami sources using a network of dense ocean bottom pressure sensors

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2]
*Mayu Inoue[1], Yuichiro Tanioka[1], Yusuke Yamanaka[2]

1. 北海道大学、2. 東京大学
1. Hokkaido University, 2. The University of Tokyo

2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)が引き起こした津波は，東北地方の沿岸地域に大きな被害をもたらした．その後，防災科学技術研究所(NIED)によって，北海道沖から房総沖に日本海溝海底地震津波観測網(S-net)と呼ばれる海底観測網が設置された．近年，様々な研究者によってS-netで観測される津波波形を用いた津波即時予測手法が開発されている．しかし，それらの手法は専門家しか扱うことのできない難しい解析を必要としている．本研究では，高度な解析を行うことなく，S-netで観測された水圧観測記録のみを用いて津波波源域の位置と規模を即時的に推定する簡単な手法を開発することを目的とする．北海道太平洋沖のプレート境界型巨大地震によって発生する大津波を対象とする．プレート境界に沿ってM8.0からM8.8クラスの断層モデルを，位置や深さを変えながら想定し津波数値計算を行った．断層の大きさは先行研究で示されている4つのスケーリング則を用いた．S-net観測点の位置で計算される津波波形を，水圧波形に変換して観測波形として使用した．地震発生から500秒以内の観測波形を以下の3種類に分類して津波波源域の推定を試みた．①地震発生と同時に水圧の変化が下がり，回復しない波形，②水圧が最初に上昇し，のちに降下するまで1つの波が500秒間に完全に入っている波形，③それ以外の波形，の3種類である．①の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域内に含まれており，②の波形が観測されたS-net観測点は波源域内ではなく，その近傍に位置しており，③の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域から遠くに位置していた．これら3種類に分類した波形を用いることで，津波波源域を推定することができた．次に，推定した津波波源域から，地震の規模の推定を行った．津波波源域の面積を計算すると，規模は波源域の面積からおおよそ予想できることがわかった．規模の推定誤差を計算するために，推定した波源域の面積すべてのデータから標準偏差を求め，誤差範囲を計算した．規模はM±0.08の推定誤差で求められることがわかった．最後に，提案した予測手法を1952年十勝沖地震と1968年十勝沖地震に適用し，正確に予測できるか検証した．どちらの地震も，津波波源域と規模を良く推定することができた．本研究で提案した予測手法は，津波即時予測の一部として，津波波源域と規模の推定に役立つことが期待される．

キーワード：津波予測、S-net
Keywords: Tsunami forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用
Application of AI Technology for Tsunami Prediction by Oceanographic Radar

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2]
*hiromu yokosu[1], Yoshihito - Tanaka[1], Kenji - hayashi[2], Kentarou - Uehara[2]

1. 中部電力株式会社、2. 一般財団法人日本気象協会
1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Japan Weather Association

浜岡原子力発電所では、津波を早期検知するため、海洋レーダ（HFレーダ）を設置し40km程度沖合までの海面流速を約1分毎に観測している。津波発生時にはその接近状況を捉え、到達する津波を予測することが期待される。

海洋レーダ観測では、広範囲の流速分布状況を一度に捉え、数値化した結果が得られる。津波の接近における流速の分布状況から、AI技術を用いた画像認識手法による津波予測について検討を行った。画像認識手法はAlexNet（畳み込みニューラルネットワーク）を用いた。津波の予測においては、「津波高（第一波）」および「到達時間」が重要であるため、津波高を1m間隔（津波高10m以下）もしくは2m間隔（津波高10m以上22m以下）、到達時間を1分間隔（1分~22分）とした374区分に分類し、画像認識手法で津波がどの区分に分類されるか、その正解率を検証した。

津波データには、浜岡原子力発電所に最も影響が大きい南海トラフを震源域とした地震による5千ケース超の津波シミュレーション結果を用いたが、大規模津波はケース数が少ないことから、秒単位のデータを用いる等を工夫した。またAlexNetはカラー画像（RGB）が扱えるため、学習データに3ステップ分の流速変化（現在時刻、現在時刻1分前、現在時刻2分前）をR,G,Bに適用することで、流速の時系列および位置情報等、規則性を反映することができ、画像変化（流速分布の変化）の特徴を捉えやすくした。

津波の規模は様々であるが、浜岡原子力発電所では、大規模津波（津波高10m以上）を予測することが重要であるため、ここでは「津波高10m以上」を対象とした結果を記す。全データのうち学習データとは異なるデータ（検証データ）を用いてAI予測の検証を実施した。学習データと検証データの割合は、それぞれ約80%、約20%とした。正解率は約77%であったが、時間についての前後1区分（到達時間±1分）を許容した場合、正解率は約94%と各段に向上し、本画像認識手法では到達時間より津波高の誤差が小さいと言える。

キーワード：津波予測、海洋レーダ、AI、AlexNet
Keywords: tsunami prediction, oceanographic radar, AI, AlexNet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1], Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Hye-Won Lee[1], Duk Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Tsunami is a long-wave caused by earthquakes, submarine volcanoes or coastal landslides. The Korean Peninsula experienced tsunami damage followed by 1983 and 1993 Japan earthquakes. To respond to possible tsunamis in the surrounding seas, the Korea Meteorological Administration has operated tsunami warning system based on tsunami scenario database. Tsunami scenario database was constructed with the results (tsunami height and arrival time) of simulating tsunami assuming virtual earthquakes at each grid point spacing with 0.2˚ interval in surrounding seas of the Korean peninsula(120˚~142˚E, 25˚~45˚N) . Earthquakes were assumed with magnitude 6.0 to 9.0 having intervals of 0.2 on the fault plane which is from known information or which is assumed to generate higher tsunami in the coastal area. Therefore tsunami scenario database has a limitation that does not reflect the characteristics of earthquakes when they actually occur because the fault plane will be different from assumed one.
In this study, we have developed an algorithm for tsunami prediction capable of analyzing fault plane solution using W phase and simulating tsunami using the fault plane information. We tested the performance of the developed algorithm applying into the case of 1993 Japan tsunami. W phase inversion results were as follows: moment magnitude=7.7, depth=25.5km, strike=170.2˚, dip=45.3˚ and rake=77.8˚. As a result of tsunami simulation using the inversion results, the difference between the numerical results (tsunami height and arrival time) and measured data at tide stations was small. Therefore the algorithm for tsunami prediction may be used for tsunami warning as a complement to tsunami scenario database.

Keywords: tsunami, tsunami scenario database, W phase, tsunami prediction system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー
Can we detect tsunami magnetic signals at on-land observatories prior to tsunami arrivals? : From the perspective of numerical experiments

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2]
*Takuto Minami[1], Tungcheng Ho[1], Zhiheng Lin[2], Hiroaki TOH[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Tsunami flow crossing the geomagnetic field generates electric currents in the ocean and associated secondary magnetic fields due to the electromotive force. This tsunami-generated magnetic (TGM) variations are observable not only at the seafloor (e.g. Toh et al. 2011) but also at on-land magnetic observatories on islands or along coastlines (e.g. Tatehata et al. 2015). Most of the TGM data reported in previous studies are from the seafloor observations since TGM signals are much stronger at the seafloor, which implies that usage of off-shore seafloor magnetic observations is a sensible solution for tsunami early warning. On the other hand, much cheaper on-land magnetic observations may be useful because the vertical component of the TGM field precedes the tsunami arrival by approximately a quarter of the tsunami period in shallow oceans (< ~ 1000 m; Minami et al. 2015). Previous studies have never carefully investigated possibilities of using on-land magnetic data in tsunami early warning, because of the difficulty in evaluating the effect of realistic topography on the TGM variations at on-land observatories.

We conduct three-dimensional simulations of TGM signals to investigate feasibility of using on-land magnetic data for tsunami early warning, with the aid of the finite element simulation code by Minami et al. (2017). This study focuses on three devastating tsunami events in the past, the 1960 Chilean tsunami (Mw 9.5), the 2011 Tohoku tsunami (Mw 9.0), and the 1707 Hoei tsunami (Mw 8.7). For the three tsunamis, we adopt the source models of Ho et al. (2019), Satake et al. (2013), and Furumura et al. (2010), respectively. Although all the three large tsunamis did extensive damage, features of their topographies are distinct from each other. One of the features of coastlines in Tohoku is ria coast, while Nankai area of Japan includes capes and bays. As for Chilean coast for the 1960 event, a straight long coastline is present in the vicinity of Santiago, Chile. We set many virtual magnetic observatories and tide stations along the coastlines and investigate arrival times of tsunamis and TGM signals. In the presentation, we compare the arrival times of tsunamis and TGM signals at each virtual observatory and to discuss feasibility of using on-land TGM signals for tsunami hazard mitigation.

キーワード：津波、電磁気、シミュレーション
Keywords: tsunami, electromagnetic, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率
Probability of Tsunami Inundation Estimated from Tsunami Database and G-R law

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2]
*Toru Takeda[1], Toshitaka Baba[1], Tsuneo Ohsumi[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 徳島大学、2. 防災科学技術研究所
1. Tokushima Univ, 2. NIED

地震の発生時期や規模，不均質すべりの多様性等の不確実性を考慮した確率論的ハザード評価により強震動や津波の危険度が評価されている．津波の確率論的評価は海岸付近の津波高に留まっており，陸地への津波浸水の危険度を確率として具体的に示されてはいない．この要因は複数あるがそのひとつとして，浸水範囲や浸水深の評価には10m程度以下の詳細な地形データが必要で，それを用いて膨大な地震シナリオに基づく津波計算を行うことは，計算機の性能の面で難しかったという理由がある．しかしながら，計算機の性能の向上によりこの問題は解決しつつあり，さらに評価対象の地域を限定することにより，確率論的津波浸水ハザードの評価に関する手法や考え方を検討することが可能となってきた．そこで，本研究では評価対象の地域を南海トラフの一部沿岸に限定して，津波浸水確率の評価を試みた．

まず，高精度の地形データと多数の地震シナリオを用いて大規模計算を実施しデータベースを作成した．津波データベースの作成では，Hirata et al.(2017)の3967ケースの南海トラフ域の地震シナリオを使用し，これらの地震断層モデルによって発生する津波伝播および浸水計算を実施した．津波シミュレーションでは非線形長波式を差分法で解いた．ネスティング手法を用いて研究対象地域の空間分解能を向上させた．地形データには内閣府の津波想定で用いられたものを利用し，海岸構造物は越流した場合に完全破堤（計算上，海岸構造物がなくなる）するとした．さらに南海トラフエリアにて過去91年間に発生した地震よりグーテンベルク・リヒター則(G-R則)を使用して各マグニチュードについて割り当てる重みを設定し，その結果を基に各シナリオに重みを与えた．津波データベースと各シナリオの重みを基に，同じ地点ごとの値を足し合わせ浸水確率を求めた．

その結果，V字型湾の湾奥や河川の上流域の周辺で確率が高くなっている地域があるなど，地形的特徴によって浸水の確率が異なっている様子が確認された．今後は堤防の有無による浸水確率分布の変化についての調査や津波高のばらつき等の不確実性を考慮した解析を実施する予定である．

キーワード：確率論的津波浸水評価、グーテンベルク・リヒター則
Keywords: probabilistically assess tsunami inundation, G-R law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定
The Detection of Tsunami Propagation Path by Using Sensitivity Kernel Distribution

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3]
*Norihiko Hashimoto[1], Kyosuke Okamoto[2], Seiji Tsuno[3]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Railway Technical Research Institute

津波伝播解析によって津波浸水高、到達時間といった情報を予測することは津波防災において非常に重要である。一方、沖合で発生した津波がどのような経路で我々の生活圏に襲来するのか、伝播経路を解明することも重要な課題である。津波の伝播経路は波向線法によって解析的に算出ことができ、かねてより線形長波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析と組み合わせて利用されてきた。ただし、波向線法では初期条件や境界条件を津波伝播解析と等しく設定することが困難であり、利用者が解析結果を考察する上でそれぞれの特性を十分理解して利用する必要があった。

そこで、地震波トモグラフィーで用いられるアジョイント場及び感度カーネル分布を津波の波動場に適用し、津波伝播経路の特定を試みた。本手法では、一般的な津波伝播解析に逆方向に津波波形を伝播させる処理を追加することで、津波波形の中から任意の成分の波形を抽出し、その伝播経路を特定することが可能である。

水深一様の理想空間において、ガウス分布で設定した初期水位から着目地点に伝播する津波の経路を推定し、本手法の有用性を確認した。さらに、遠地津波を対象にし、日本沿岸に到達する津波がどのような経路を伝播してきたのか、本手法を用いて算出した。津波伝播解析では、太平洋のほぼ全域を網羅できるように計算対象範囲を設定し、格子間隔10秒の地形モデルを用い、波源断層モデルには既往研究が豊富である1960年チリ地震津波を設定した。ハワイ諸島を南北挟んで伝播した津波が襲来する特性が見られ、波向線法による既往手法と同様の結果が得られた。

津波波形のうち、特定成分のみに着目して伝播経路を抽出する具体的な方法や分散波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析に対する適用範囲を検討することで、更に応用範囲が広がると考えられる。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波伝播経路、津波伝播解析、波向線法、随伴法、アジョイント場、感度カーネル分布
Keywords: Tsunami propagation path, Tsunami propagation analysis, Wave ray method, Adjoint method, Adjoint field, Sensitivity kernel distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

Estimation of local seismic waves and rapid magnitudes for ‘slow tsunami earthquakes’ based on moment rate spectrum

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1]
*Takahito Nishimiya[1], Akio Katsumata[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

地震発生後、最初期段階の津波予測は通常地震波から推定した震源の位置、マグニチュード（M）に基づく。
津波地震（スロー地震）は通常の地震に比べて高周波帯域で地震波エネルギーが極端に小さく、このため、地震波の観測振幅に基づいては速やかにはMを適切に推定できないと考えられる。最初期の津波予測に用いるためのMについて定量的に評価したいが、津波地震（スロー地震）の震源近傍の地震波形記録はあまりない。

そこで、遠地広帯域波形記録をもとに震源スペクトルを推定（西宮・勝間田,JpGU Meeting 2018）し、それに基づき、津波地震が発生した場合の近地における地震波振幅の推計を試みている（地震学会2018秋季大会）。
速やかに推定するMとして気象庁マグニチュード（M_J）、気象庁が巨大地震の過少評価対策として導入している100秒マグニチュード（M_{100}: Katsumata et al.(2013)の100秒low-cut filter 波形によるマグニチュード）があり、震源時間関数を仮定して計算した震央距離1000kmまでの範囲の理論波形の振幅からそれぞれ試算した。なお、GNSSに基づくREGARD(Kawamoto, 2017)もあるが、ここでは規模の小さな地震も対象とできる地震波からの規模推定を考える。

その結果、例えば1994年6月のジャワ島沖地震（M_w7.8）が東北地方太平洋沖で発生したと仮定した近地波形からは、M_Jはモーメントマグニチュード（M_w）よりも1以上小さいM6クラスとかなり過小となった。M_{100}ではM_Jよりも大きくなるものの0.5程度以上小さくやはり過小となった。
一方、2010年10月のスマトラ島沖地震を模した地震波形では、M_Jは-0.5程度と極端に過小とはならないものの、一方でM_{100}も同程度にとどまった。
なお、USGSのWebサイトによれば、1994年の地震で表面波マグニチュード（M_s）はM_wに比べて0.5以上小さいが、2010年の地震でM_sはM_wと同程度という特徴がある。

M_{100}-M_Jの値が津波地震（スロー地震）判定に有効である可能性がある。ただし、M_{100}そのものも過小となる可能性が高い。また、M_JとM_{100}とが同程度となって差が大きくはない場合でも津波地震（スロー地震）である場合があり得る。

キーワード：津波地震、震源スペクトル、近地波形、マグニチュード
Keywords: tsunami earthquake, spectrum, local seismic wave, magnitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開
Development of tsunami simulator TNS and release of version 1.0

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2]
*Takayuki Miyoshi[1], Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Shin Aoi[1], Sho Akagi[2], Toshihiko Hayakawa[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 三菱スペース・ソフトウエア株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mitsubishi Space Software Co.,Ltd.

津波は，海底地殻変動などによって海水に擾乱が生じて，重力を復元力として周囲の海域に伝播し，しばしば陸域に遡上する自然現象である．防災科学技術研究所（以下，防災科研）では，遡上までを含めた津波現象を差分法による数値計算によってコンピュータ上で迅速に実施できるソフトウェアの開発を進めてきた（三好・他, 2018 JpGU）．ソフトウェアの名称は，津波シミュレータ（TNS: TsuNami Simulator）である．

TNSは，CPU版とGPU版で開発を進め，CPU版の主たる計算コードはFortran 90でプログラム群の開発を行い，GPU版はCUDA7.5に準拠してCUDA Cで開発を行った．計算コードは，基本的にはTUNAMI-N2（Imamura et al., 2006）と同等の実装をしており，Cartesian座標系において，空間格子幅の比を1:3とするネスティング格子を用いた二次元非線形長波理論に基づく津波伝播・遡上計算が実施可能である．初期水位は，地殻変動計算プログラムDC3D（Okada, 1992 BSSA）を用いて，設定した震源断層面に対して半無限媒質での地殻変動を計算する．水平変動（Tanioka and Satake, 1996 GRL）や，Kajiura（1963, BERI）による水理フィルタも適用可能である．沖側は透過境界（Imamura et al., 2006）および吸収領域（例えば，Clayton et al., 1977 BSSA）を設け，陸側は遡上境界（小谷ほか, 1998 海岸工学論文集）を設定できる．遠地津波に対しては，球座標系を導入し，浸水計算を含む近地においてCartesian座標に接続した．球座標の計算では，転向力や分散効果などの従来の定式化に加えて，荷重効果（Inazu and Saito, 2013 EPS）を考慮できるようにした．

データベース検索型の津波遡上即時予測では，大量の津波シナリオが必要である．TNS開発版から，津波シナリオバンクの構築に必要な部分をパッケージ化し，TNS Version1.0として公開した（三好・他, 2019 防災科研研究資料）．ユーザは研究者，技術者，自治体の防災担当者を想定しており，一般的なLinux環境のもとで計算が可能なようにした．パッケージには，操作手引書，Linuxでコンパイル済みの実行ファイル，例題と入力ファイル設定例を含めた．また，内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で用いられた地形データなどをTNS Version1.0に適用できるツールも含めた．ソルバーは，CPUによる逐次計算に加えて，Open MPによるスレッド並列，GPGPUによる計算に対応し，計算の高速化を実現した．

謝辞：本研究の一部は，総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による．

キーワード：津波、浸水、差分法、ネスティング格子、GPU
Keywords: Tsunami, Inundation, Finite-difference method, Nesting grid, GPU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

A Study on Tsunami Inundation Simulation for the Nankai Trough Earthquake for Osaka City

*河路 薫[1]、津野 靖士[2]
*Kaoru Kawaji[1], Seiji Tsuno[2]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

津波への防災対策を立案するにあたって地震が起きることで津波がどのように発生し、それがどのように来襲するのかは非常に大事な要素である。内閣府から最大想定波源として南海トラフのシナリオ断層震源モデルが発表されてから各自治体などではこれを用いて様々な防災対策などの検討が実施されている。本研究は、2012年8月に内閣府から発表された南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）の全11ケースの断層モデルを用いて大阪市を対象に津波浸水シミュレーションを実施し、その結果について検討を行ったものである。

津波浸水シミュレーションにおける地形モデルは内閣府が公開している地形データを用い、断層から沿岸までを含む約1200㎞×800㎞を1215m格子でモデル化した。計算時間は、津波による最大浸水範囲、最大浸水深が計算できるように最大6時間とし、計算時間間隔は計算が安定するように0.01秒間隔とした。

断層震源モデルにおけるパラメータ（すべり角、位置、破壊開始点）などが違うと津波波高、津波到達時間、浸水範囲などの津波特性に違いが見られるはずである。しかし、11ケースの断層モデルによって大すべり域の位置や破壊開始点の位置は異なるものの大阪湾内における観測点ではどのケースでもほぼ同様な津波水位、到達時間となっていることが確認された。また、最大波高出現時間についてもケースよらず破壊開始から30分以内であることも分かった。この傾向は大阪湾から沖合に向かった紀伊水道付近でも同様に見ることができ、紀伊半島と高知・香川に挟まれた入り組んだ海峡部の地形の影響であると考えられる。今後さらに多角的な検討を進め、その結果についても併せて報告する予定である。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ地震、大阪湾
Keywords: Tsunami inundation simulation, Nankai Trough Earthquake, Osaka-bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築
Database construction of Tsunami inundation simulation for large subduction earthquakes

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1]
*Mariko Korenaga[1], Seiji Tsuno[2], Kaoru Kawaji[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

海溝型巨大地震の危険が喫緊の問題となっている南海トラフ域においては、発生直後から浸水開始する地域もあり、事前に最大浸水深や浸水可能性の有無を把握することが防災上非常に重要である。そこで、鉄道構造物に対する津波防護の観点から、太平洋沿岸の特定都市を対象として多数のシナリオ地震を想定し、沿岸近傍での津波水位と津波浸水域のデータベース化を実施した。この結果を利用し、沿岸までの予測結果と比較して最大浸水域によるリスク評価や、避難猶予時間の検討に活用する。

南海トラフ域のシナリオ地震は、防災科学技術研究所（2012）及び津野（JPGU,2016）に倣い複数のセグメントの連動として組み合わせて、Mw8～9レベルの波源断層モデルを81個設定した。連動モデルでは平均すべりの2倍のすべり量を受け持つ大すべり域を内在するモデルを設定し、震源域内で深さ方向に2パターン、走向方向に3パターンの大すべり域の位置の違いを表現した。更に、内閣府（2012）が公開する最大クラスと同等のレベル（5～6連動）、且つ、海溝軸まで震源域が到達している場合、平均すべり量の4倍のすべり量の超大すべり域を設定した。

各地域において、海岸線の前面に大すべり域や超大すべり域が存在するときには沿岸波高が高くなる傾向にあるが、浸水域の広がりは大すべり域の傾斜方向の位置とも関連していることが示された。得られた多様な浸水域を定量的に検証しつつ、鉄道防災的な観点から津波被害の軽減にはどのような情報が重要であるかを議論したい。

本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ、防災
Keywords: Tsunami simulation, Nankai trough, Reduction of disaster damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析
Sediment Transport Modeling due to Tsunamis caused by the Nankai great earthquakes

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1]
*Takuya Saito[1], Kei Yamashita[2], Toshitaka Baba[1]

1. 徳島大学大学院、2. 東北大学
1. Tokushima Univ., 2. Tohoku Univ.

浅海域に来襲した津波は海底および陸上で土砂を移動させ地形を変形させる．これは海岸構造物の倒壊や航路の埋没，発電所の取水口閉塞などの被害の原因となる．2011年東北地方太平洋沖地震でも洗堀による海岸堤防の倒壊や航路の埋没といった事例がみられた．また，今後起こりうる巨大地震・津波を想定するためには，できるだけ過去に遡り地震・津波の発生をより正確に調査する必要がある．歴史地震や古地震については史料や地質調査に頼るほかなく，津波による堆積物は史料の少ない歴史地震において重要な情報となる．そこで，本研究では土砂移動モデルを用いて南海トラフ地震の津波による侵食・堆積状況をシミュレートした。

本研究では，高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデル（STM）を用いた．このモデルは、大きな乱れが生じる非定常性の強い津波を扱うため流砂現象を二層に分離し、砂の巻き上げと沈降が非平衡な状態においても適用可能なモデルである．STMにより内閣府が想定する南海トラフ巨大地震と1707年宝永地震の断層モデルを波源として土砂移動を計算した．研究対象地域は四国の橘湾と岡村ら（2012）によって津波堆積物が調査された四国最東端の岬にある蒲生田大池である．蒲生田大池では宝永地震に対応する津波堆積物は発見されず，今から約2000年前の津波堆積物が確認されている．

橘湾内には多数の島が存在しており，その島間の海峡や岬の先端部，河川の河口付近や海岸堤防付近の流速が大きい場所で侵食がみられた。その周辺では堆積が確認された．地形の最大変化量は，内閣府想定のモデルで侵食が約10m，堆積が約6mであった．宝永地震では浸食が約6m，堆積が約2mであった．津波堆積物の調査記録との比較については，今回の検討では宝永地震モデルでも内閣府想定のモデルでも津波が流入せず，よって堆積も発生しなかった。当時とは地形が異なる点が影響しているとも考えられるので，引き続き計算条件を変えて検討する。また，他の地点の津波堆積物との比較も行う。

謝辞：本研究では高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデルを利用させていただきました。本研究は科研費JP15H05718の助成を受けています。記して感謝いたします。

キーワード：南海トラフ地震、土砂移動モデル
Keywords: Nankai Trough Earthquake, Sediment Transport software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル
Tsunami model of the 2011 Tohoku Earthquake reproducing the wave gauge record offshore the Fukushima Daiichi NPP

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2]
*Toshimichi Kaneto[1], Ayumi Nishi[2], Tadashi Annaka[2]

1. 東京電力ホールディングス株式会社、2. 東電設計株式会社
1. Tokyo Electric Power Company Holdings,Inc, 2. Tokyo Electric Power Services Co,Ltd

1. 研究の目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震において、福島第一原子力発電所では、運転中であった1号機～3号機が停止後の炉心の冷却に失敗し、炉心を損傷する事故（過酷事故）に至った。東京電力では、東北地方太平洋沖地震津波の理解と原子力発電所の津波評価への活用を目的として、東北地方太平洋沖地震の津波波形、地殻変動、痕跡高のデータを説明する波源モデル（L67モデル）を設定した。

L67モデルは、福島第一沖合に設置されていた波高計記録の第一波、第二波の１段目まではほぼ再現することができたが、第二波の2段目については再現性が十分でなかった。これについて、今村・他(2016)は、杉野・他(2013)のモデルのすべり量を微調整することにより、第二波の2段目まで再現するモデルを提案しているが、本研究では以下の検討を行うことでさらなる再現性の向上を試みた。

2. 研究の内容

(1) GPS1秒データを用いたインバージョン

L67モデルの検討の際に考慮した問題として、既往の津波波源モデル（内閣府(2012)、杉野・他(2013)、Satake et al. (2013)）が地震動データによるモデルや陸域の地殻変動の時間変化に比べ、すべりに時間がかかりすぎていることがあった。これを解消するために、すべりの時間窓を30秒×3とし、破壊にあまり時間がかからないようにしてインバージョンを行っていた。

本研究では、国土地理院から公開されているGPS１秒データを併用すれば、時間窓を強制的に短くしなくても、すべりにかかる時間を自然に短くできるのではないかと考え、津波波形とともにGPS１秒データをインバージョンに取り込んだ。インバージョンに使用した具体的なデータ等は以下のとおり。

GPS１秒データとして「1Hz_2hr_files」をダウンロードして使用した。インバージョンには、震源時から6分間の記録が完全な391点の記録を用いた。グリーン関数は、Frankel (2013)による6層地盤モデルを用い、プログラムaxitraにより計算した。

地殻変動データとして海底の8地点のデータを用いた。観測された津波波形として44点の記録を用いた。

インバージョンにより得られた波源モデルの比較用として、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ（ttjt_survey_29-Dec-2012_tidecorrected_web.csv）から3882点、電力サイトのデータ185点のデータを用いた。

インバージョンには、非負最小2乗法のプログラム（Lawson and Hanson (1974)）を用い、1276個の小断層を147個のブロックに分け、破壊伝播速度2.0km/s、時間窓30秒×5個として、147×5＝735個のすべり量を決定した。

(2) 「仮想津波記録」を用いたインバージョン

福島第一沖合波高計記録は、非線形の影響が強く、線形インバージョンで使用できるのは、初動付近に限られている。そのため、福島第一沖合の水深50mの位置で、初期断層モデルとグリーン関数を用いて「仮想津波記録」を設定し、その波形を調整した波形を「観測記録」としてインバージョンに追加することにより、計算波形を波高計記録に近づける方法を用いた。

この方法は、痕跡記録との適合度を改善するためにも用いた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. 結論

上記に示すインバージョン手法により、福島第一沖合波高計記録を良好に再現する津波波源モデルを設定した。このモデルは、GPS 1 秒データを併用することにより、すべりに時間がかりすぎるという問題を解消し、「仮想津波記録」を用いる方法により、福島第一沖合波高計記録をL67よりも良好に再現している。また、観測された津波波形との適合度、痕跡高との適合度はL67と同程度である。

文献

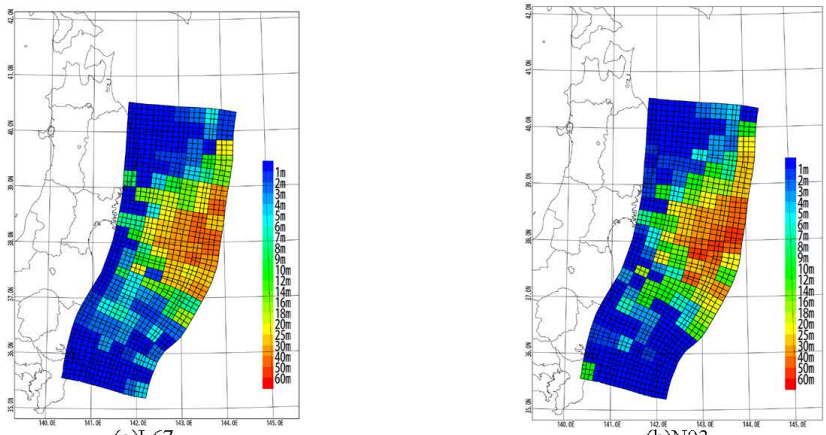
今村・他(2016)：修正された東北地方太平洋沖地震津波モデルによる福島第一原発サイトへの影響再評価，土木学会論文集B2（海岸工学）, Vol.72, No.2,I-361-I-366

謝辞

GPS 1 秒データ（1Hz_2hr_files）は、GSI (Geospatial Information Authority, japan)、NGDS (Nippon GPS Data Service, Japan)、Hitz (Hitachi Zosen Co., Japan)、GPSS (GPS Solutions, Boulder, CO, USA)、VERIPOSによるものを使用させていただいた。

キーワード：津波波源モデル、東北地方太平洋沖地震、福島第一原子力発電所、GPS1秒データ
Keywords: tsunami source model, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Fukushima Daiichi nuclear power plant, 1-second sampling GPS data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



(a)L67　　(b)N03

図1　波源の比較

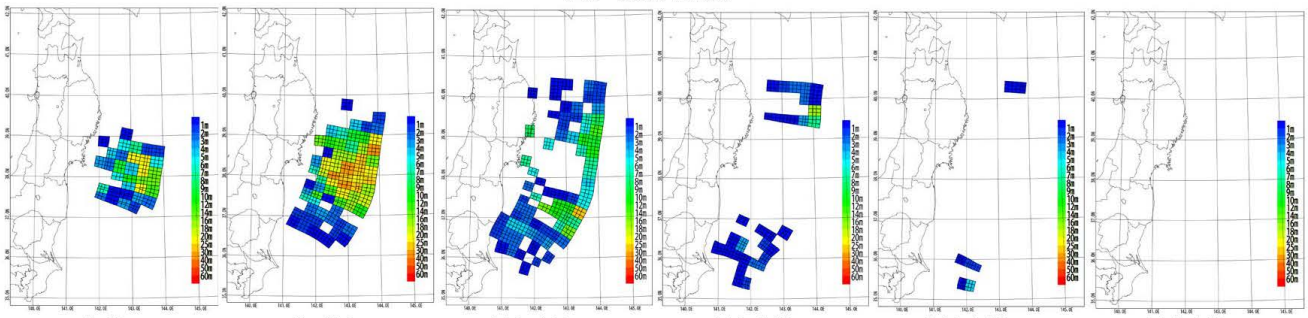


図2　破壊進展図(L67)

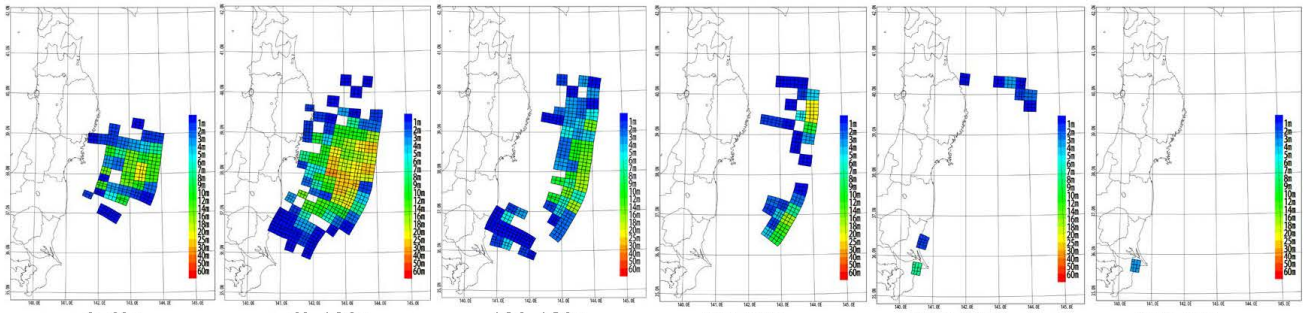


図3　破壊進展図(N03)

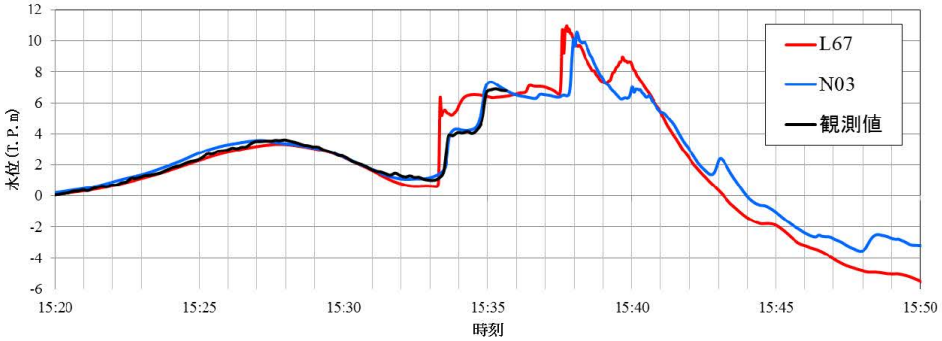


図4　波高計での観測値と計算値の水位時刻歴

表1　適合度表 (K, κ)

	L67		N03	
	K	κ	K	κ
北海道～千葉 (3882 点)	1.00	1.34	1.00	1.34
福島第一 (19 点)	1.00	1.10	0.99	1.11
福島第二 (71 点)	0.99	1.18	1.00	1.13

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

Development of tsunami fragility curves on railway structures based on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1]
*Teppei Ono[1], Seiji Tsuno[2], Yuko Sato[2], Marioko Korenaga[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は東北地方沿岸の鉄道構造物に甚大な被害を与えた。鉄道構造物の将来的な津波に対するリスクを把握するためには、これらの被災データから津波被害関数を構築することが有効である。被害関数は対数正規分布・正規分布で表されるのが一般的である。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う鉄道構造物の被害データおよび浸水深をGIS上で統合することにより津波被害関数を構築した。なお、津波被害関数の構築手法は越村ら(2009)を参考にした。

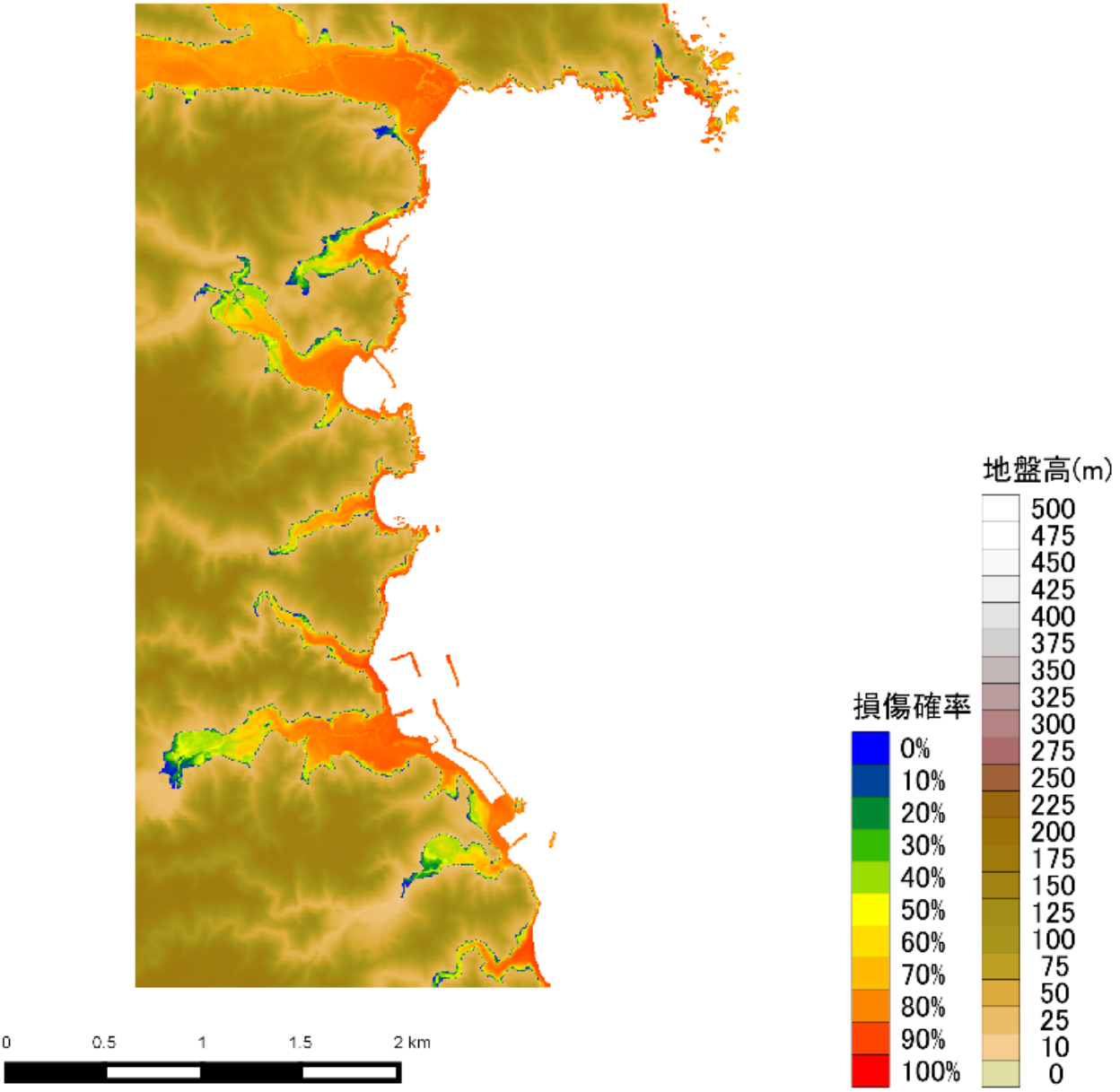
本研究では、複数の文献から東北地方太平洋沿岸に位置する鉄道構造物の位置データおよび被害データを収集した。まず、鉄道構造物が位置する津波の浸水深を算出するために、国土交通省都市局・復興支援調査アーカイブで公開されている100m×100mメッシュの2011年東北地方太平洋沖地震の浸水深データを利用した。次に、鉄道構造物の位置を算出するために、国土交通省の国土数値情報の鉄道データおよび国土地理院の基盤地図情報を利用した。鉄道構造物の種類は、駅、橋りょう、トンネル、踏切、路盤、擁壁、函渠、盛土、切土など多岐にわたる。また、鉄道構造物の構造種別も、土、C造、RC造など多様である。構造種別の影響を考慮するために、全被害データを用いた場合と構造種別をRCに限定した場合で津波被害関数を作成した。

その結果、多種多様な鉄道構造物を一律に評価しているため、越村・郷右(2012)で示されている2011年東北地方太平洋沖地震における建物に対する津波被害関数と比較して、勾配が小さくなる傾向が示された。さらに、作成した津波被害関数の再現性を確認するために、宮城県石巻と岩手県島越を対象として、内閣府モデル（2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル）の浸水深分布から鉄道構造物の津波損傷確率を示した。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波被害関数、東北地方太平洋沖地震、鉄道構造物
Keywords: Tsunami fragility curve, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Railway structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴
The characteristic of the cause of death in each city in Miyagi prefecture during the Great East Japan Earthquake

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1]
*Shuji SETO[1], Fumihiko IMAMURA[1]

1. 東北大学　災害科学国際研所
1. IRIDeS, Tohoku University

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって，死者15,897人，行方不明者2,534人の人的被害が発生した（警察庁，2012）．警察庁（2012）の報告によれば，東北3県における犠牲者の死因は，津波に関連する溺死が90%であった．青木ら（2012）は，実際に死体検案業務に従事した医師に対するアンケート結果を報告した．その中で，「90%が溺水という死因統計について，回答者の2/3弱が妥当と回答した」という結果を示す一方で，「現実の問題として溺水と記載せざるを得ない」，「3月派遣者の回答においても，23%が（溺水が妥当か）わからない，5%が無回答であったことがこの問題の扱いの難しさを示している」という見解が示された．これは，津波災害における多様な死因の可能性を示唆している．生存者（河北新報，2011）から，溺死にまで至らなかった場合でも低体温症により死亡したと考えられる事例が報告されている．このように，溺水以外にも致死に関係する可能性が示されており，今後の津波対策においても，これらを考慮した対策が求められている．

門廻・今村（2019）は，宮城県警察本部から提供された震災データ（犠牲者情報）を用いて，東日本大震災における宮城県での死因を分析した．東日本大震災時の検案状況を踏まえ検討した結果，頭部の損傷，頸部の損傷，胸部の損傷，外傷性ショック，詳細不明の多発性損傷，窒息，溺死，焼死，低体温症，心疾患，その他，不詳の12種に分類できる事を示した．また，宮城県における各死因の割合を明らかにした．東日本大震災における人的被害をより詳細に明らかにするためにも，上記12種を考慮した各市町村の死因の特徴を明らかにする必要がある．

本研究では，宮城県警察本部から提供された震災データ内の位置情報を用いた分析を実施した．提供データ内には，犠牲者の位置情報として，登録住所と遺体発見場所の2つの情報がある．そこで，各位置情報と上記12種の死因を組み合わせ，宮城県市町村における各死因の特徴を明らかにした．

キーワード：東北地方太平洋沖地震津波、災害科学
Keywords: The 2011 Tohoku earthquake tsunami, Disaster science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について
The reflective south going current, accompanied by the third wave of Tsunammi at Iioka , Asahi City , Chiba Prefecture in 2011.

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1]
*Mitsuo Harukawa[1], Noboru Hashimoto[1], Fumio Ooshima[1]

1. 2011年旭市の津波被害を記録する会
1. The Group of Recording for Tsunami Damage of Asahi City in 2011

千葉県旭市飯岡では午後５時台に西岸の沖合を北上する「第３波本体の波」を遠く見送って間もなく、突然、西岸に沿って「南下する流れ」に襲われた。本発表では「南下流」が生じた原因について述べる。

私たちは旭市沿岸の全戸訪問を実施して聴き取り調査を行い、約６５０の体験談や目撃談を収集した。その中に「北上する第３波本体の波」と「南下流」との関係についての証言が複数あった。それらを要約すると、**『「北上する第３波本体の波」が飯岡の北岸にぶつかると、やや東寄りに跳ね返されて、飯岡西岸の防潮堤をなめるように南下し、それが「北上する後続流」と離岸堤の内側で衝突して波高を増し、防潮堤を乗り越えて家々を北から南へなぎ倒しながら進んだ』**という内容だった。

私たちは高台から撮影された斜め写真や、防潮堤から撮影された地上写真を単写真測量で解析して「南下流」の波面の走向をもとめて波面図を作成した。その結果、「南下流」の波面は「北上する第３波本体の波」の東側への回り込みでは説明が難しく、「南下流」は目撃証言のように「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである、と考えることが合理的であるように思われる。

一方、テレビ報道では、「第１波のエッジ波が飯岡の海岸にとどまり続けた」とされ、「南下流」は第１波の「エッジ波」であり、これに「第３波（本体）」がぶつかって波が高まり飯岡に被害を与えた、と説明されていた。（ＦＮＮ「わすれない　巨大津波　３年後の新検証」（今村文彦解説　２０１４年３月９日放送）

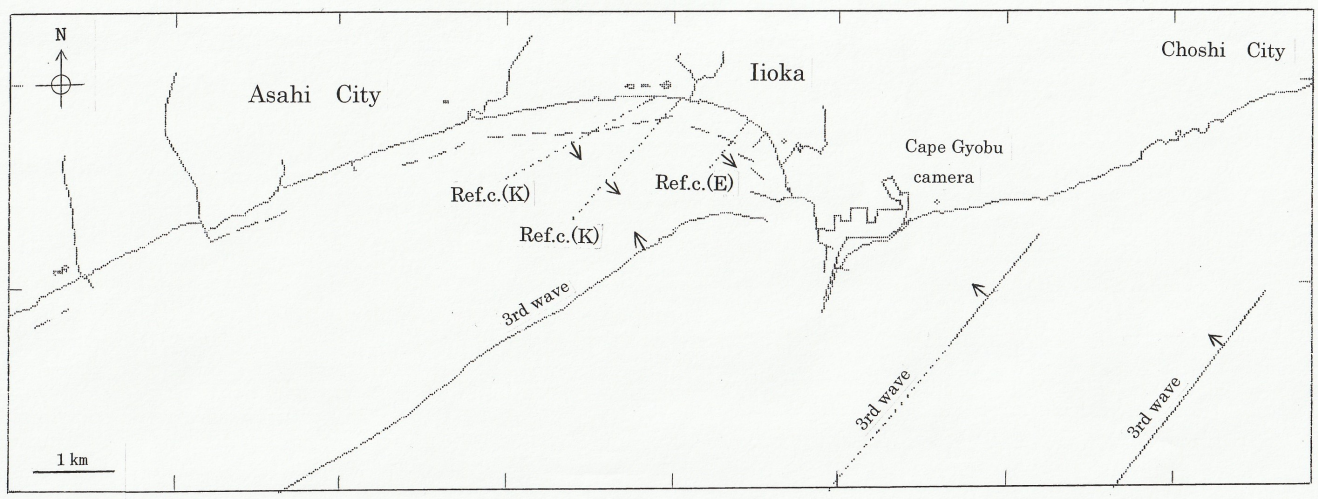
しかし、飯岡では第１波の後、第２波と第３波（特に第２波）の前に潮が大きく引き、湾の海底が干出して広大な砂浜が現れていたので、飯岡の海岸に「第１波のエッジ波」がとどまり続けたという事実はなかった。

【結論】「南下流」は第１波によるエッジ波ではなく、「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである。これが北上する後続流と離岸堤内で衝突して高まり、飯岡西岸を襲った。

【文献】春川光男(2013) 日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集HDS26-15

キーワード：波面の走向、写真測量、反射波、千葉県、旭市、飯岡
Keywords: strike of wave plane, photogrammetry, reflective wave , Chiba Prefecture, Asahi City, Iioka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性
Possible submarine landslides as sources of the 2018 Sulawesi tsunami

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2]
*Kenji Nakata[1], Akio Katsumata[1], Abdul Muhari[2]

1. 気象庁気象研究所地震津波研究部、2. インドネシア海洋水産省
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

Muhari et al. (2018) は、2018年9月28日のMw7.5のスラウェシ島の地震後に同島パル湾沿岸を襲った津波について、潮位観測記録、ビデオ、浸水距離、現地調査の被害の状況などから、津波はパル湾の内側で発生したという仮説を立てた。さらにArikawa et al. (2018) は、沿岸地域での沈降が津波に関係している可能性とパル湾の入り口で津波が高くないということを指摘した。Heidarzadeh et al. (2018) は、USGSの有限断層モデルにより潮位記録を表せるとした一方で、現地調査で言われているような、巨大な津波を発生させる海底地滑りの可能性にも言及している。本研究では、海底地滑りによりパル湾の津波が発生したと想定し、潮位記録の波形を説明できる海底地滑りのありうる位置とサイズ、水深の浅い場所で津波が発生する必要性を津波シミュレーションで調査した。

数値計算の結果、観測された津波の周期を表すためには、水深の浅い場所に津波波源が必要なことが分かった。観測波形に合う津波を発生させた可能性の高い場所は、湾内の3か所で得られた。流動性を変化させて地滑り波源を計算することにより、観測された潮位記録を説明するためには、低い流動性のパル湾沿岸での海底地滑りを津波波源として想定する必要があることが分かった。

キーワード：2018年スラウェシ島の地震、海底地滑り、津波シミュレーション
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake, submarine landslide, tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2015年鳥島地震の津波データ同化
Tsunami Data Assimilation of the 2015 Torishima Earthquake

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2]
*Yuchen Wang[1], Kenji Satake[1], Osamu Sandanbata[1], Takuto Maeda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

The 2015 Torishima earthquake (M5.9) occurred at the Smith caldera, on May 2, 2015. It had a CLVD-type focal mechanism and generated larger tsunami waves compared to its seismic magnitude (Sandanbata et al., 2018). Therefore, it was regarded as a ‘volcanic tsunami earthquake’ –a tsunami earthquake with volcanic origin. The tsunami reached Hachijo Island, Boso Peninsula and Shikoku Island, and were recorded by tide gauges and ocean bottom pressure gauges (Kubota, 2018). Fukao et al. (2018) proposed an opening horizontal sill model to explain its origin. The abnormal mechanism makes it difficult to forecast tsunami from its seismic magnitude.
Tsunami data assimilation forecasts the tsunami by assimilating offshore observed data into a numerical simulation, without the need of calculating the initial sea surface height at the source (Maeda et al., 2015). In the Nankai region, the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) records the water pressure and has real-time data transmission. Synthetic experiments showed that this observational system was able to forecast the waveforms at Shikoku Island by tsunami data assimilation approach (Wang et al., 2018). Here, we performed this method to retroactively forecast the tsunami of the 2015 Torishima earthquake. We assimilated the observations of 16 DONET stations and two ocean bottom gauges off Muroto. The tsunami waveforms at the tide gauges Tosashimizu and Kushimoto were forecasted, and compared with the actual records.
The comparison between forecasted and observed waveforms at two tide gauges suggested that our method could forecast the tsunami amplitudes and arrival time accurately. The tsunami warning could be issued to local residents of Shikoku Island more than one hour before its arrival. Our method is merely based on offshore observations, and could be implemented for future tsunami warning systems.

キーワード：津波データ同化、津波予測、鳥島地震
Keywords: Tsunami Data Assimilation, Tsunami Forecasting, Torishima Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発
Method for real-time estimation of tsunami sources using a network of dense ocean bottom pressure sensors

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2]
*Mayu Inoue[1], Yuichiro Tanioka[1], Yusuke Yamanaka[2]

1. 北海道大学、2. 東京大学
1. Hokkaido University, 2. The University of Tokyo

2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)が引き起こした津波は，東北地方の沿岸地域に大きな被害をもたらした．その後，防災科学技術研究所(NIED)によって，北海道沖から房総沖に日本海溝海底地震津波観測網(S-net)と呼ばれる海底観測網が設置された．近年，様々な研究者によってS-netで観測される津波波形を用いた津波即時予測手法が開発されている．しかし，それらの手法は専門家しか扱うことのできない難しい解析を必要としている．本研究では，高度な解析を行うことなく，S-netで観測された水圧観測記録のみを用いて津波波源域の位置と規模を即時的に推定する簡単な手法を開発することを目的とする．北海道太平洋沖のプレート境界型巨大地震によって発生する大津波を対象とする．プレート境界に沿ってM8.0からM8.8クラスの断層モデルを，位置や深さを変えながら想定し津波数値計算を行った．断層の大きさは先行研究で示されている4つのスケーリング則を用いた．S-net観測点の位置で計算される津波波形を，水圧波形に変換して観測波形として使用した．地震発生から500秒以内の観測波形を以下の3種類に分類して津波波源域の推定を試みた．①地震発生と同時に水圧の変化が下がり，回復しない波形，②水圧が最初に上昇し，のちに降下するまで1つの波が500秒間に完全に入っている波形，③それ以外の波形，の3種類である．①の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域内に含まれており，②の波形が観測されたS-net観測点は波源域内ではなく，その近傍に位置しており，③の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域から遠くに位置していた．これら3種類に分類した波形を用いることで，津波波源域を推定することができた．次に，推定した津波波源域から，地震の規模の推定を行った．津波波源域の面積を計算すると，規模は波源域の面積からおおよそ予想できることがわかった．規模の推定誤差を計算するために，推定した波源域の面積すべてのデータから標準偏差を求め，誤差範囲を計算した．規模はM±0.08の推定誤差で求められることがわかった．最後に，提案した予測手法を1952年十勝沖地震と1968年十勝沖地震に適用し，正確に予測できるか検証した．どちらの地震も，津波波源域と規模を良く推定することができた．本研究で提案した予測手法は，津波即時予測の一部として，津波波源域と規模の推定に役立つことが期待される．

キーワード：津波予測、S-net
Keywords: Tsunami forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用
Application of AI Technology for Tsunami Prediction by Oceanographic Radar

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2]
*hiromu yokosu[1], Yoshihito - Tanaka[1], Kenji - hayashi[2], Kentarou - Uehara[2]

1. 中部電力株式会社、2. 一般財団法人日本気象協会
1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Japan Weather Association

浜岡原子力発電所では、津波を早期検知するため、海洋レーダ（HFレーダ）を設置し40km程度沖合までの海面流速を約1分毎に観測している。津波発生時にはその接近状況を捉え、到達する津波を予測することが期待される。

海洋レーダ観測では、広範囲の流速分布状況を一度に捉え、数値化した結果が得られる。津波の接近における流速の分布状況から、AI技術を用いた画像認識手法による津波予測について検討を行った。画像認識手法はAlexNet（畳み込みニューラルネットワーク）を用いた。津波の予測においては、「津波高（第一波）」および「到達時間」が重要であるため、津波高を1m間隔（津波高10m以下）もしくは2m間隔（津波高10m以上22m以下）、到達時間を1分間隔（1分~22分）とした374区分に分類し、画像認識手法で津波がどの区分に分類されるか、その正解率を検証した。

津波データには、浜岡原子力発電所に最も影響が大きい南海トラフを震源域とした地震による5千ケース超の津波シミュレーション結果を用いたが、大規模津波はケース数が少ないことから、秒単位のデータを用いる等を工夫した。またAlexNetはカラー画像（RGB）が扱えるため、学習データに3ステップ分の流速変化（現在時刻、現在時刻1分前、現在時刻2分前）をR,G,Bに適用することで、流速の時系列および位置情報等、規則性を反映することができ、画像変化（流速分布の変化）の特徴を捉えやすくした。

津波の規模は様々であるが、浜岡原子力発電所では、大規模津波（津波高10m以上）を予測することが重要であるため、ここでは「津波高10m以上」を対象とした結果を記す。全データのうち学習データとは異なるデータ（検証データ）を用いてAI予測の検証を実施した。学習データと検証データの割合は、それぞれ約80%、約20%とした。正解率は約77%であったが、時間についての前後1区分（到達時間±1分）を許容した場合、正解率は約94%と各段に向上し、本画像認識手法では到達時間より津波高の誤差が小さいと言える。

キーワード：津波予測、海洋レーダ、AI、AlexNet
Keywords: tsunami prediction, oceanographic radar, AI, AlexNet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1], Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Hye-Won Lee[1], Duk Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Tsunami is a long-wave caused by earthquakes, submarine volcanoes or coastal landslides. The Korean Peninsula experienced tsunami damage followed by 1983 and 1993 Japan earthquakes. To respond to possible tsunamis in the surrounding seas, the Korea Meteorological Administration has operated tsunami warning system based on tsunami scenario database. Tsunami scenario database was constructed with the results (tsunami height and arrival time) of simulating tsunami assuming virtual earthquakes at each grid point spacing with 0.2˚ interval in surrounding seas of the Korean peninsula(120˚~142˚E, 25˚~45˚N) . Earthquakes were assumed with magnitude 6.0 to 9.0 having intervals of 0.2 on the fault plane which is from known information or which is assumed to generate higher tsunami in the coastal area. Therefore tsunami scenario database has a limitation that does not reflect the characteristics of earthquakes when they actually occur because the fault plane will be different from assumed one.
In this study, we have developed an algorithm for tsunami prediction capable of analyzing fault plane solution using W phase and simulating tsunami using the fault plane information. We tested the performance of the developed algorithm applying into the case of 1993 Japan tsunami. W phase inversion results were as follows: moment magnitude=7.7, depth=25.5km, strike=170.2˚, dip=45.3˚ and rake=77.8˚. As a result of tsunami simulation using the inversion results, the difference between the numerical results (tsunami height and arrival time) and measured data at tide stations was small. Therefore the algorithm for tsunami prediction may be used for tsunami warning as a complement to tsunami scenario database.

Keywords: tsunami, tsunami scenario database, W phase, tsunami prediction system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー
Can we detect tsunami magnetic signals at on-land observatories prior to tsunami arrivals? : From the perspective of numerical experiments

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2]
*Takuto Minami[1], Tungcheng Ho[1], Zhiheng Lin[2], Hiroaki TOH[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Tsunami flow crossing the geomagnetic field generates electric currents in the ocean and associated secondary magnetic fields due to the electromotive force. This tsunami-generated magnetic (TGM) variations are observable not only at the seafloor (e.g. Toh et al. 2011) but also at on-land magnetic observatories on islands or along coastlines (e.g. Tatehata et al. 2015). Most of the TGM data reported in previous studies are from the seafloor observations since TGM signals are much stronger at the seafloor, which implies that usage of off-shore seafloor magnetic observations is a sensible solution for tsunami early warning. On the other hand, much cheaper on-land magnetic observations may be useful because the vertical component of the TGM field precedes the tsunami arrival by approximately a quarter of the tsunami period in shallow oceans (< ~ 1000 m; Minami et al. 2015). Previous studies have never carefully investigated possibilities of using on-land magnetic data in tsunami early warning, because of the difficulty in evaluating the effect of realistic topography on the TGM variations at on-land observatories.

We conduct three-dimensional simulations of TGM signals to investigate feasibility of using on-land magnetic data for tsunami early warning, with the aid of the finite element simulation code by Minami et al. (2017). This study focuses on three devastating tsunami events in the past, the 1960 Chilean tsunami (Mw 9.5), the 2011 Tohoku tsunami (Mw 9.0), and the 1707 Hoei tsunami (Mw 8.7). For the three tsunamis, we adopt the source models of Ho et al. (2019), Satake et al. (2013), and Furumura et al. (2010), respectively. Although all the three large tsunamis did extensive damage, features of their topographies are distinct from each other. One of the features of coastlines in Tohoku is ria coast, while Nankai area of Japan includes capes and bays. As for Chilean coast for the 1960 event, a straight long coastline is present in the vicinity of Santiago, Chile. We set many virtual magnetic observatories and tide stations along the coastlines and investigate arrival times of tsunamis and TGM signals. In the presentation, we compare the arrival times of tsunamis and TGM signals at each virtual observatory and to discuss feasibility of using on-land TGM signals for tsunami hazard mitigation.

キーワード：津波、電磁気、シミュレーション
Keywords: tsunami, electromagnetic, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率
Probability of Tsunami Inundation Estimated from Tsunami Database and G-R law

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2]
*Toru Takeda[1], Toshitaka Baba[1], Tsuneo Ohsumi[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 徳島大学、2. 防災科学技術研究所
1. Tokushima Univ, 2. NIED

地震の発生時期や規模，不均質すべりの多様性等の不確実性を考慮した確率論的ハザード評価により強震動や津波の危険度が評価されている．津波の確率論的評価は海岸付近の津波高に留まっており，陸地への津波浸水の危険度を確率として具体的に示されてはいない．この要因は複数あるがそのひとつとして，浸水範囲や浸水深の評価には10m程度以下の詳細な地形データが必要で，それを用いて膨大な地震シナリオに基づく津波計算を行うことは，計算機の性能の面で難しかったという理由がある．しかしながら，計算機の性能の向上によりこの問題は解決しつつあり，さらに評価対象の地域を限定することにより，確率論的津波浸水ハザードの評価に関する手法や考え方を検討することが可能となってきた．そこで，本研究では評価対象の地域を南海トラフの一部沿岸に限定して，津波浸水確率の評価を試みた．

まず，高精度の地形データと多数の地震シナリオを用いて大規模計算を実施しデータベースを作成した．津波データベースの作成では，Hirata et al.(2017)の3967ケースの南海トラフ域の地震シナリオを使用し，これらの地震断層モデルによって発生する津波伝播および浸水計算を実施した．津波シミュレーションでは非線形長波式を差分法で解いた．ネスティング手法を用いて研究対象地域の空間分解能を向上させた．地形データには内閣府の津波想定で用いられたものを利用し，海岸構造物は越流した場合に完全破堤（計算上，海岸構造物がなくなる）するとした．さらに南海トラフエリアにて過去91年間に発生した地震よりグーテンベルク・リヒター則(G-R則)を使用して各マグニチュードについて割り当てる重みを設定し，その結果を基に各シナリオに重みを与えた．津波データベースと各シナリオの重みを基に，同じ地点ごとの値を足し合わせ浸水確率を求めた．

その結果，V字型湾の湾奥や河川の上流域の周辺で確率が高くなっている地域があるなど，地形的特徴によって浸水の確率が異なっている様子が確認された．今後は堤防の有無による浸水確率分布の変化についての調査や津波高のばらつき等の不確実性を考慮した解析を実施する予定である．

キーワード：確率論的津波浸水評価、グーテンベルク・リヒター則
Keywords: probabilistically assess tsunami inundation, G-R law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定
The Detection of Tsunami Propagation Path by Using Sensitivity Kernel Distribution

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3]
*Norihiko Hashimoto[1], Kyosuke Okamoto[2], Seiji Tsuno[3]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Railway Technical Research Institute

津波伝播解析によって津波浸水高、到達時間といった情報を予測することは津波防災において非常に重要である。一方、沖合で発生した津波がどのような経路で我々の生活圏に襲来するのか、伝播経路を解明することも重要な課題である。津波の伝播経路は波向線法によって解析的に算出ことができ、かねてより線形長波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析と組み合わせて利用されてきた。ただし、波向線法では初期条件や境界条件を津波伝播解析と等しく設定することが困難であり、利用者が解析結果を考察する上でそれぞれの特性を十分理解して利用する必要があった。

そこで、地震波トモグラフィーで用いられるアジョイント場及び感度カーネル分布を津波の波動場に適用し、津波伝播経路の特定を試みた。本手法では、一般的な津波伝播解析に逆方向に津波波形を伝播させる処理を追加することで、津波波形の中から任意の成分の波形を抽出し、その伝播経路を特定することが可能である。

水深一様の理想空間において、ガウス分布で設定した初期水位から着目地点に伝播する津波の経路を推定し、本手法の有用性を確認した。さらに、遠地津波を対象にし、日本沿岸に到達する津波がどのような経路を伝播してきたのか、本手法を用いて算出した。津波伝播解析では、太平洋のほぼ全域を網羅できるように計算対象範囲を設定し、格子間隔10秒の地形モデルを用い、波源断層モデルには既往研究が豊富である1960年チリ地震津波を設定した。ハワイ諸島を南北挟んで伝播した津波が襲来する特性が見られ、波向線法による既往手法と同様の結果が得られた。

津波波形のうち、特定成分のみに着目して伝播経路を抽出する具体的な方法や分散波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析に対する適用範囲を検討することで、更に応用範囲が広がると考えられる。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波伝播経路、津波伝播解析、波向線法、随伴法、アジョイント場、感度カーネル分布
Keywords: Tsunami propagation path, Tsunami propagation analysis, Wave ray method, Adjoint method, Adjoint field, Sensitivity kernel distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

Estimation of local seismic waves and rapid magnitudes for ‘slow tsunami earthquakes’ based on moment rate spectrum

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1]
*Takahito Nishimiya[1], Akio Katsumata[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

地震発生後、最初期段階の津波予測は通常地震波から推定した震源の位置、マグニチュード（M）に基づく。
津波地震（スロー地震）は通常の地震に比べて高周波帯域で地震波エネルギーが極端に小さく、このため、地震波の観測振幅に基づいては速やかにはMを適切に推定できないと考えられる。最初期の津波予測に用いるためのMについて定量的に評価したいが、津波地震（スロー地震）の震源近傍の地震波形記録はあまりない。

そこで、遠地広帯域波形記録をもとに震源スペクトルを推定（西宮・勝間田,JpGU Meeting 2018）し、それに基づき、津波地震が発生した場合の近地における地震波振幅の推計を試みている（地震学会2018秋季大会）。
速やかに推定するMとして気象庁マグニチュード（M_J）、気象庁が巨大地震の過少評価対策として導入している100秒マグニチュード（M_{100}: Katsumata et al.(2013)の100秒low-cut filter 波形によるマグニチュード）があり、震源時間関数を仮定して計算した震央距離1000kmまでの範囲の理論波形の振幅からそれぞれ試算した。なお、GNSSに基づくREGARD(Kawamoto, 2017)もあるが、ここでは規模の小さな地震も対象とできる地震波からの規模推定を考える。

その結果、例えば1994年6月のジャワ島沖地震（M_w7.8）が東北地方太平洋沖で発生したと仮定した近地波形からは、M_Jはモーメントマグニチュード（M_w）よりも1以上小さいM6クラスとかなり過小となった。M_{100}ではM_Jよりも大きくなるものの0.5程度以上小さくやはり過小となった。
一方、2010年10月のスマトラ島沖地震を模した地震波形では、M_Jは-0.5程度と極端に過小とはならないものの、一方でM_{100}も同程度にとどまった。
なお、USGSのWebサイトによれば、1994年の地震で表面波マグニチュード（M_s）はM_wに比べて0.5以上小さいが、2010年の地震でM_sはM_wと同程度という特徴がある。

M_{100}-M_Jの値が津波地震（スロー地震）判定に有効である可能性がある。ただし、M_{100}そのものも過小となる可能性が高い。また、M_JとM_{100}とが同程度となって差が大きくはない場合でも津波地震（スロー地震）である場合があり得る。

キーワード：津波地震、震源スペクトル、近地波形、マグニチュード
Keywords: tsunami earthquake, spectrum, local seismic wave, magnitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開
Development of tsunami simulator TNS and release of version 1.0

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2]
*Takayuki Miyoshi[1], Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Shin Aoi[1], Sho Akagi[2], Toshihiko Hayakawa[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 三菱スペース・ソフトウエア株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mitsubishi Space Software Co.,Ltd.

津波は，海底地殻変動などによって海水に擾乱が生じて，重力を復元力として周囲の海域に伝播し，しばしば陸域に遡上する自然現象である．防災科学技術研究所（以下，防災科研）では，遡上までを含めた津波現象を差分法による数値計算によってコンピュータ上で迅速に実施できるソフトウェアの開発を進めてきた（三好・他, 2018 JpGU）．ソフトウェアの名称は，津波シミュレータ（TNS: TsuNami Simulator）である．

TNSは，CPU版とGPU版で開発を進め，CPU版の主たる計算コードはFortran 90でプログラム群の開発を行い，GPU版はCUDA7.5に準拠してCUDA Cで開発を行った．計算コードは，基本的にはTUNAMI-N2（Imamura et al., 2006）と同等の実装をしており，Cartesian座標系において，空間格子幅の比を1:3とするネスティング格子を用いた二次元非線形長波理論に基づく津波伝播・遡上計算が実施可能である．初期水位は，地殻変動計算プログラムDC3D（Okada, 1992 BSSA）を用いて，設定した震源断層面に対して半無限媒質での地殻変動を計算する．水平変動（Tanioka and Satake, 1996 GRL）や，Kajiura（1963, BERI）による水理フィルタも適用可能である．沖側は透過境界（Imamura et al., 2006）および吸収領域（例えば，Clayton et al., 1977 BSSA）を設け，陸側は遡上境界（小谷ほか, 1998 海岸工学論文集）を設定できる．遠地津波に対しては，球座標系を導入し，浸水計算を含む近地においてCartesian座標に接続した．球座標の計算では，転向力や分散効果などの従来の定式化に加えて，荷重効果（Inazu and Saito, 2013 EPS）を考慮できるようにした．

データベース検索型の津波遡上即時予測では，大量の津波シナリオが必要である．TNS開発版から，津波シナリオバンクの構築に必要な部分をパッケージ化し，TNS Version1.0として公開した（三好・他, 2019 防災科研研究資料）．ユーザは研究者，技術者，自治体の防災担当者を想定しており，一般的なLinux環境のもとで計算が可能なようにした．パッケージには，操作手引書，Linuxでコンパイル済みの実行ファイル，例題と入力ファイル設定例を含めた．また，内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で用いられた地形データなどをTNS Version1.0に適用できるツールも含めた．ソルバーは，CPUによる逐次計算に加えて，Open MPによるスレッド並列，GPGPUによる計算に対応し，計算の高速化を実現した．

謝辞：本研究の一部は，総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による．

キーワード：津波、浸水、差分法、ネスティング格子、GPU
Keywords: Tsunami, Inundation, Finite-difference method, Nesting grid, GPU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

A Study on Tsunami Inundation Simulation for the Nankai Trough Earthquake for Osaka City

*河路 薫[1]、津野 靖士[2]
*Kaoru Kawaji[1], Seiji Tsuno[2]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

津波への防災対策を立案するにあたって地震が起きることで津波がどのように発生し、それがどのように来襲するのかは非常に大事な要素である。内閣府から最大想定波源として南海トラフのシナリオ断層震源モデルが発表されてから各自治体などではこれを用いて様々な防災対策などの検討が実施されている。本研究は、2012年8月に内閣府から発表された南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）の全11ケースの断層モデルを用いて大阪市を対象に津波浸水シミュレーションを実施し、その結果について検討を行ったものである。

津波浸水シミュレーションにおける地形モデルは内閣府が公開している地形データを用い、断層から沿岸までを含む約1200㎞×800㎞を1215m格子でモデル化した。計算時間は、津波による最大浸水範囲、最大浸水深が計算できるように最大6時間とし、計算時間間隔は計算が安定するように0.01秒間隔とした。

断層震源モデルにおけるパラメータ（すべり角、位置、破壊開始点）などが違うと津波波高、津波到達時間、浸水範囲などの津波特性に違いが見られるはずである。しかし、11ケースの断層モデルによって大すべり域の位置や破壊開始点の位置は異なるものの大阪湾内における観測点ではどのケースでもほぼ同様な津波水位、到達時間となっていることが確認された。また、最大波高出現時間についてもケースよらず破壊開始から30分以内であることも分かった。この傾向は大阪湾から沖合に向かった紀伊水道付近でも同様に見ることができ、紀伊半島と高知・香川に挟まれた入り組んだ海峡部の地形の影響であると考えられる。今後さらに多角的な検討を進め、その結果についても併せて報告する予定である。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ地震、大阪湾
Keywords: Tsunami inundation simulation, Nankai Trough Earthquake, Osaka-bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築
Database construction of Tsunami inundation simulation for large subduction earthquakes

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1]
*Mariko Korenaga[1], Seiji Tsuno[2], Kaoru Kawaji[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

海溝型巨大地震の危険が喫緊の問題となっている南海トラフ域においては、発生直後から浸水開始する地域もあり、事前に最大浸水深や浸水可能性の有無を把握することが防災上非常に重要である。そこで、鉄道構造物に対する津波防護の観点から、太平洋沿岸の特定都市を対象として多数のシナリオ地震を想定し、沿岸近傍での津波水位と津波浸水域のデータベース化を実施した。この結果を利用し、沿岸までの予測結果と比較して最大浸水域によるリスク評価や、避難猶予時間の検討に活用する。

南海トラフ域のシナリオ地震は、防災科学技術研究所（2012）及び津野（JPGU,2016）に倣い複数のセグメントの連動として組み合わせて、Mw8～9レベルの波源断層モデルを81個設定した。連動モデルでは平均すべりの2倍のすべり量を受け持つ大すべり域を内在するモデルを設定し、震源域内で深さ方向に2パターン、走向方向に3パターンの大すべり域の位置の違いを表現した。更に、内閣府（2012）が公開する最大クラスと同等のレベル（5～6連動）、且つ、海溝軸まで震源域が到達している場合、平均すべり量の4倍のすべり量の超大すべり域を設定した。

各地域において、海岸線の前面に大すべり域や超大すべり域が存在するときには沿岸波高が高くなる傾向にあるが、浸水域の広がりは大すべり域の傾斜方向の位置とも関連していることが示された。得られた多様な浸水域を定量的に検証しつつ、鉄道防災的な観点から津波被害の軽減にはどのような情報が重要であるかを議論したい。

本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ、防災
Keywords: Tsunami simulation, Nankai trough, Reduction of disaster damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析
Sediment Transport Modeling due to Tsunamis caused by the Nankai great earthquakes

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1]
*Takuya Saito[1], Kei Yamashita[2], Toshitaka Baba[1]

1. 徳島大学大学院、2. 東北大学
1. Tokushima Univ., 2. Tohoku Univ.

浅海域に来襲した津波は海底および陸上で土砂を移動させ地形を変形させる．これは海岸構造物の倒壊や航路の埋没，発電所の取水口閉塞などの被害の原因となる．2011年東北地方太平洋沖地震でも洗堀による海岸堤防の倒壊や航路の埋没といった事例がみられた．また，今後起こりうる巨大地震・津波を想定するためには，できるだけ過去に遡り地震・津波の発生をより正確に調査する必要がある．歴史地震や古地震については史料や地質調査に頼るほかなく，津波による堆積物は史料の少ない歴史地震において重要な情報となる．そこで，本研究では土砂移動モデルを用いて南海トラフ地震の津波による侵食・堆積状況をシミュレートした。

本研究では，高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデル（STM）を用いた．このモデルは、大きな乱れが生じる非定常性の強い津波を扱うため流砂現象を二層に分離し、砂の巻き上げと沈降が非平衡な状態においても適用可能なモデルである．STMにより内閣府が想定する南海トラフ巨大地震と1707年宝永地震の断層モデルを波源として土砂移動を計算した．研究対象地域は四国の橘湾と岡村ら（2012）によって津波堆積物が調査された四国最東端の岬にある蒲生田大池である．蒲生田大池では宝永地震に対応する津波堆積物は発見されず，今から約2000年前の津波堆積物が確認されている．

橘湾内には多数の島が存在しており，その島間の海峡や岬の先端部，河川の河口付近や海岸堤防付近の流速が大きい場所で侵食がみられた。その周辺では堆積が確認された．地形の最大変化量は，内閣府想定のモデルで侵食が約10m，堆積が約6mであった．宝永地震では浸食が約6m，堆積が約2mであった．津波堆積物の調査記録との比較については，今回の検討では宝永地震モデルでも内閣府想定のモデルでも津波が流入せず，よって堆積も発生しなかった。当時とは地形が異なる点が影響しているとも考えられるので，引き続き計算条件を変えて検討する。また，他の地点の津波堆積物との比較も行う。

謝辞：本研究では高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデルを利用させていただきました。本研究は科研費JP15H05718の助成を受けています。記して感謝いたします。

キーワード：南海トラフ地震、土砂移動モデル
Keywords: Nankai Trough Earthquake, Sediment Transport software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル
Tsunami model of the 2011 Tohoku Earthquake reproducing the wave gauge record offshore the Fukushima Daiichi NPP

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2]
*Toshimichi Kaneto[1], Ayumi Nishi[2], Tadashi Annaka[2]

1. 東京電力ホールディングス株式会社、2. 東電設計株式会社
1. Tokyo Electric Power Company Holdings,Inc, 2. Tokyo Electric Power Services Co,Ltd

1. 研究の目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震において、福島第一原子力発電所では、運転中であった1号機～3号機が停止後の炉心の冷却に失敗し、炉心を損傷する事故（過酷事故）に至った。東京電力では、東北地方太平洋沖地震津波の理解と原子力発電所の津波評価への活用を目的として、東北地方太平洋沖地震の津波波形、地殻変動、痕跡高のデータを説明する波源モデル（L67モデル）を設定した。

L67モデルは、福島第一沖合に設置されていた波高計記録の第一波、第二波の１段目まではほぼ再現することができたが、第二波の2段目については再現性が十分でなかった。これについて、今村・他(2016)は、杉野・他(2013)のモデルのすべり量を微調整することにより、第二波の2段目まで再現するモデルを提案しているが、本研究では以下の検討を行うことでさらなる再現性の向上を試みた。

2. 研究の内容

(1) GPS1秒データを用いたインバージョン

L67モデルの検討の際に考慮した問題として、既往の津波波源モデル（内閣府(2012)、杉野・他(2013)、Satake et al. (2013)）が地震動データによるモデルや陸域の地殻変動の時間変化に比べ、すべりに時間がかかりすぎていることがあった。これを解消するために、すべりの時間窓を30秒×3とし、破壊にあまり時間がかからないようにしてインバージョンを行っていた。

本研究では、国土地理院から公開されているGPS１秒データを併用すれば、時間窓を強制的に短くしなくても、すべりにかかる時間を自然に短くできるのではないかと考え、津波波形とともにGPS１秒データをインバージョンに取り込んだ。インバージョンに使用した具体的なデータ等は以下のとおり。

GPS１秒データとして「1Hz_2hr_files」をダウンロードして使用した。インバージョンには、震源時から6分間の記録が完全な391点の記録を用いた。グリーン関数は、Frankel (2013)による6層地盤モデルを用い、プログラムaxitraにより計算した。

地殻変動データとして海底の8地点のデータを用いた。観測された津波波形として44点の記録を用いた。

インバージョンにより得られた波源モデルの比較用として、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ（ttjt_survey_29-Dec-2012_tidecorrected_web.csv）から3882点、電力サイトのデータ185点のデータを用いた。

インバージョンには、非負最小2乗法のプログラム（Lawson and Hanson (1974)）を用い、1276個の小断層を147個のブロックに分け、破壊伝播速度2.0km/s、時間窓30秒×5個として、147×5＝735個のすべり量を決定した。

(2) 「仮想津波記録」を用いたインバージョン

福島第一沖合波高計記録は、非線形の影響が強く、線形インバージョンで使用できるのは、初動付近に限られている。そのため、福島第一沖合の水深50mの位置で、初期断層モデルとグリーン関数を用いて「仮想津波記録」を設定し、その波形を調整した波形を「観測記録」としてインバージョンに追加することにより、計算波形を波高計記録に近づける方法を用いた。

この方法は、痕跡記録との適合度を改善するためにも用いた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. 結論

上記に示すインバージョン手法により、福島第一沖合波高計記録を良好に再現する津波波源モデルを設定した。このモデルは、GPS 1 秒データを併用することにより、すべりに時間がかりすぎるという問題を解消し、「仮想津波記録」を用いる方法により、福島第一沖合波高計記録をL67よりも良好に再現している。また、観測された津波波形との適合度、痕跡高との適合度はL67と同程度である。

文献

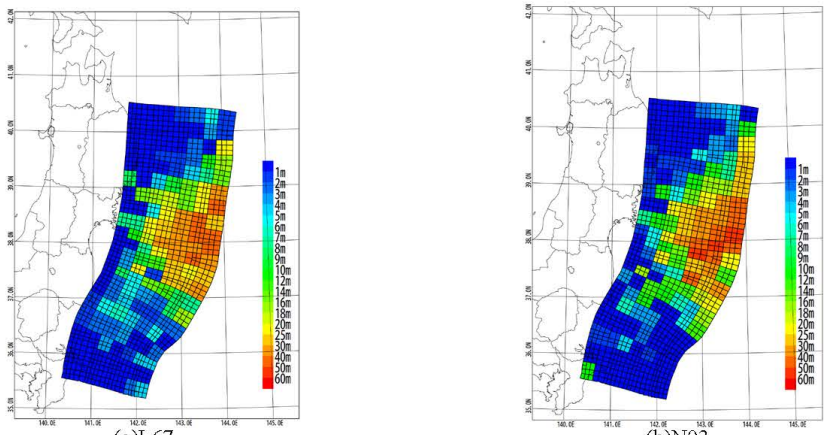
今村・他(2016)：修正された東北地方太平洋沖地震津波モデルによる福島第一原発サイトへの影響再評価，土木学会論文集B2（海岸工学）, Vol.72, No.2,I-361-I-366

謝辞

GPS 1 秒データ（1Hz_2hr_files）は、GSI (Geospatial Information Authority, japan)、NGDS (Nippon GPS Data Service, Japan)、Hitz (Hitachi Zosen Co., Japan)、GPSS (GPS Solutions, Boulder, CO, USA)、VERIPOSによるものを使用させていただいた。

キーワード：津波波源モデル、東北地方太平洋沖地震、福島第一原子力発電所、GPS1秒データ
Keywords: tsunami source model, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Fukushima Daiichi nuclear power plant, 1-second sampling GPS data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



(a)L67　　(b)N03

図1　波源の比較

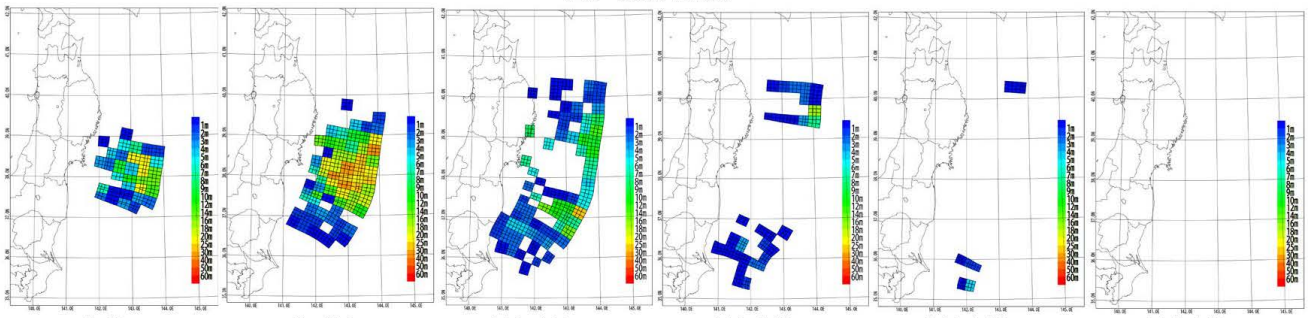


図2　破壊進展図(L67)

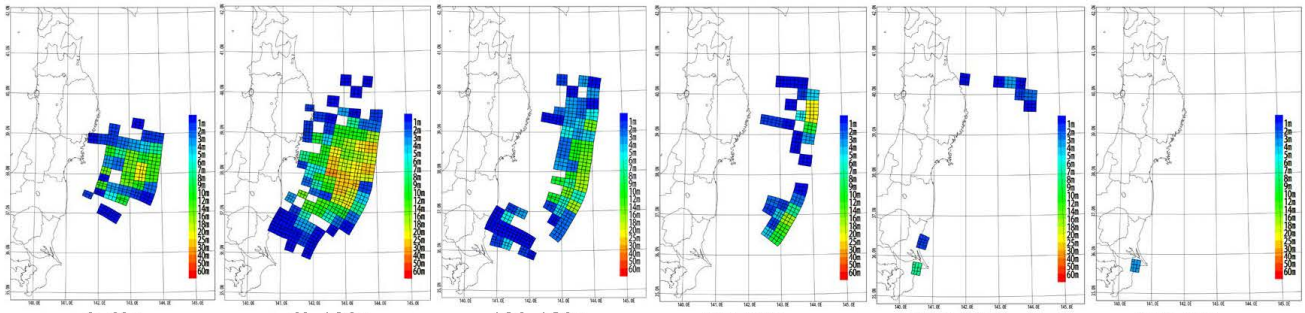


図3　破壊進展図(N03)

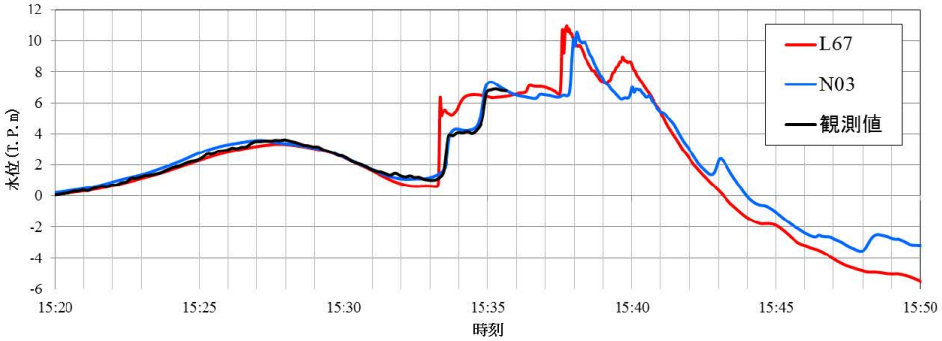


図4　波高計での観測値と計算値の水位時刻歴

表1　適合度表 (K, κ)

	L67		N03	
	K	κ	K	κ
北海道～千葉 (3882 点)	1.00	1.34	1.00	1.34
福島第一 (19 点)	1.00	1.10	0.99	1.11
福島第二 (71 点)	0.99	1.18	1.00	1.13

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

Development of tsunami fragility curves on railway structures based on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1]
*Teppei Ono[1], Seiji Tsuno[2], Yuko Sato[2], Marioko Korenaga[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は東北地方沿岸の鉄道構造物に甚大な被害を与えた。鉄道構造物の将来的な津波に対するリスクを把握するためには、これらの被災データから津波被害関数を構築することが有効である。被害関数は対数正規分布・正規分布で表されるのが一般的である。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う鉄道構造物の被害データおよび浸水深をGIS上で統合することにより津波被害関数を構築した。なお、津波被害関数の構築手法は越村ら(2009)を参考にした。

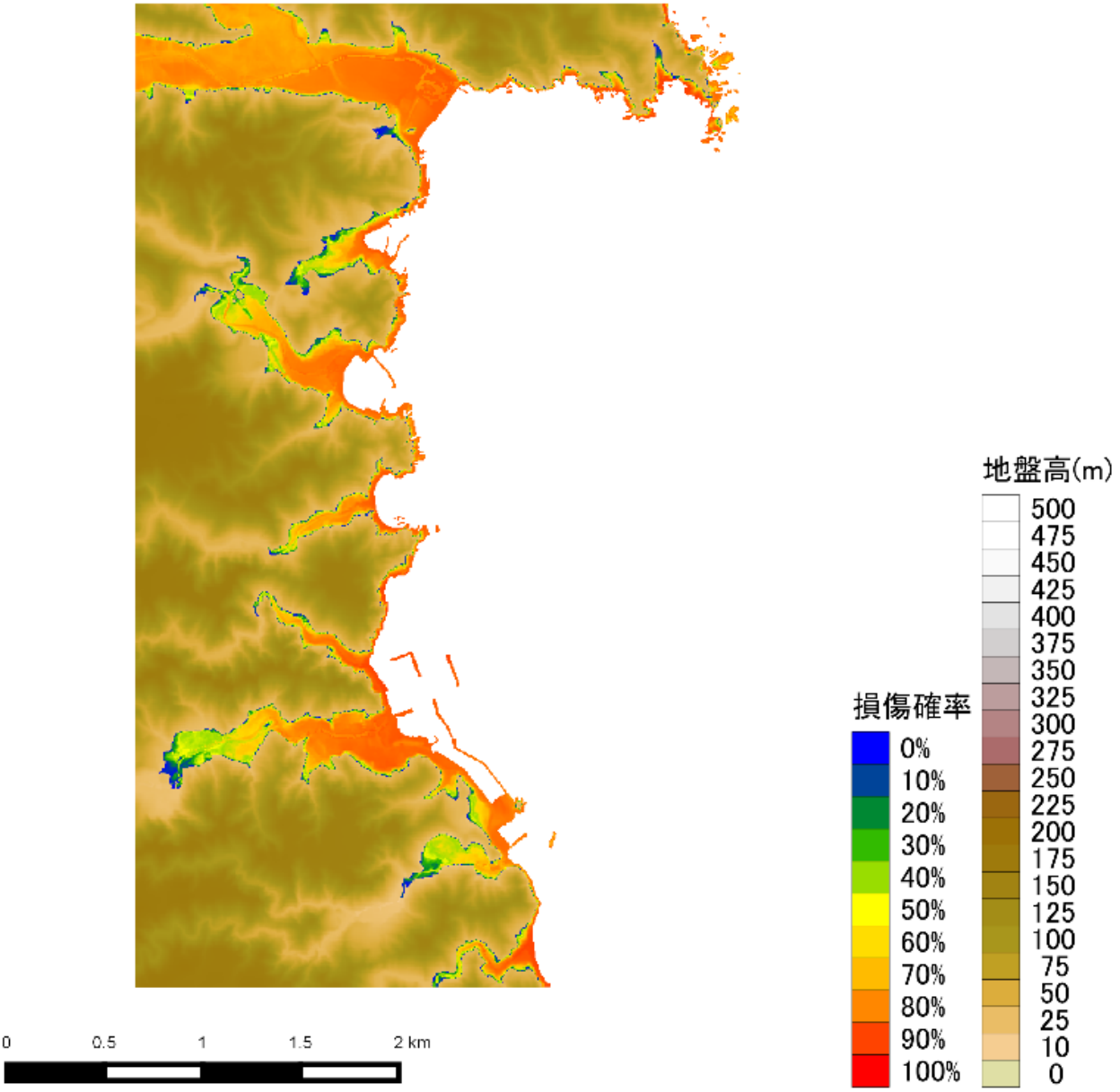
本研究では、複数の文献から東北地方太平洋沿岸に位置する鉄道構造物の位置データおよび被害データを収集した。まず、鉄道構造物が位置する津波の浸水深を算出するために、国土交通省都市局・復興支援調査アーカイブで公開されている100m×100mメッシュの2011年東北地方太平洋沖地震の浸水深データを利用した。次に、鉄道構造物の位置を算出するために、国土交通省の国土数値情報の鉄道データおよび国土地理院の基盤地図情報を利用した。鉄道構造物の種類は、駅、橋りょう、トンネル、踏切、路盤、擁壁、函渠、盛土、切土など多岐にわたる。また、鉄道構造物の構造種別も、土、C造、RC造など多様である。構造種別の影響を考慮するために、全被害データを用いた場合と構造種別をRCに限定した場合で津波被害関数を作成した。

その結果、多種多様な鉄道構造物を一律に評価しているため、越村・郷右(2012)で示されている2011年東北地方太平洋沖地震における建物に対する津波被害関数と比較して、勾配が小さくなる傾向が示された。さらに、作成した津波被害関数の再現性を確認するために、宮城県石巻と岩手県島越を対象として、内閣府モデル（2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル）の浸水深分布から鉄道構造物の津波損傷確率を示した。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波被害関数、東北地方太平洋沖地震、鉄道構造物
Keywords: Tsunami fragility curve, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Railway structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴
The characteristic of the cause of death in each city in Miyagi prefecture during the Great East Japan Earthquake

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1]
*Shuji SETO[1], Fumihiko IMAMURA[1]

1. 東北大学　災害科学国際研所
1. IRIDeS, Tohoku University

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって，死者15,897人，行方不明者2,534人の人的被害が発生した（警察庁，2012）．警察庁（2012）の報告によれば，東北3県における犠牲者の死因は，津波に関連する溺死が90%であった．青木ら（2012）は，実際に死体検案業務に従事した医師に対するアンケート結果を報告した．その中で，「90%が溺水という死因統計について，回答者の2/3弱が妥当と回答した」という結果を示す一方で，「現実の問題として溺水と記載せざるを得ない」，「3月派遣者の回答においても，23%が（溺水が妥当か）わからない，5%が無回答であったことがこの問題の扱いの難しさを示している」という見解が示された．これは，津波災害における多様な死因の可能性を示唆している．生存者（河北新報，2011）から，溺死にまで至らなかった場合でも低体温症により死亡したと考えられる事例が報告されている．このように，溺水以外にも致死に関係する可能性が示されており，今後の津波対策においても，これらを考慮した対策が求められている．

門廻・今村（2019）は，宮城県警察本部から提供された震災データ（犠牲者情報）を用いて，東日本大震災における宮城県での死因を分析した．東日本大震災時の検案状況を踏まえ検討した結果，頭部の損傷，頸部の損傷，胸部の損傷，外傷性ショック，詳細不明の多発性損傷，窒息，溺死，焼死，低体温症，心疾患，その他，不詳の12種に分類できる事を示した．また，宮城県における各死因の割合を明らかにした．東日本大震災における人的被害をより詳細に明らかにするためにも，上記12種を考慮した各市町村の死因の特徴を明らかにする必要がある．

本研究では，宮城県警察本部から提供された震災データ内の位置情報を用いた分析を実施した．提供データ内には，犠牲者の位置情報として，登録住所と遺体発見場所の2つの情報がある．そこで，各位置情報と上記12種の死因を組み合わせ，宮城県市町村における各死因の特徴を明らかにした．

キーワード：東北地方太平洋沖地震津波、災害科学
Keywords: The 2011 Tohoku earthquake tsunami, Disaster science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について
The reflective south going current, accompanied by the third wave of Tsunammi at Iioka , Asahi City , Chiba Prefecture in 2011.

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1]
*Mitsuo Harukawa[1], Noboru Hashimoto[1], Fumio Ooshima[1]

1. 2011年旭市の津波被害を記録する会
1. The Group of Recording for Tsunami Damage of Asahi City in 2011

千葉県旭市飯岡では午後５時台に西岸の沖合を北上する「第３波本体の波」を遠く見送って間もなく、突然、西岸に沿って「南下する流れ」に襲われた。本発表では「南下流」が生じた原因について述べる。

私たちは旭市沿岸の全戸訪問を実施して聴き取り調査を行い、約６５０の体験談や目撃談を収集した。その中に「北上する第３波本体の波」と「南下流」との関係についての証言が複数あった。それらを要約すると、**『「北上する第３波本体の波」が飯岡の北岸にぶつかると、やや東寄りに跳ね返されて、飯岡西岸の防潮堤をなめるように南下し、それが「北上する後続流」と離岸堤の内側で衝突して波高を増し、防潮堤を乗り越えて家々を北から南へなぎ倒しながら進んだ』**という内容だった。

私たちは高台から撮影された斜め写真や、防潮堤から撮影された地上写真を単写真測量で解析して「南下流」の波面の走向をもとめて波面図を作成した。その結果、「南下流」の波面は「北上する第３波本体の波」の東側への回り込みでは説明が難しく、「南下流」は目撃証言のように「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである、と考えることが合理的であるように思われる。

一方、テレビ報道では、「第１波のエッジ波が飯岡の海岸にとどまり続けた」とされ、「南下流」は第１波の「エッジ波」であり、これに「第３波（本体）」がぶつかって波が高まり飯岡に被害を与えた、と説明されていた。（ＦＮＮ「わすれない　巨大津波　３年後の新検証」（今村文彦解説　２０１４年３月９日放送）

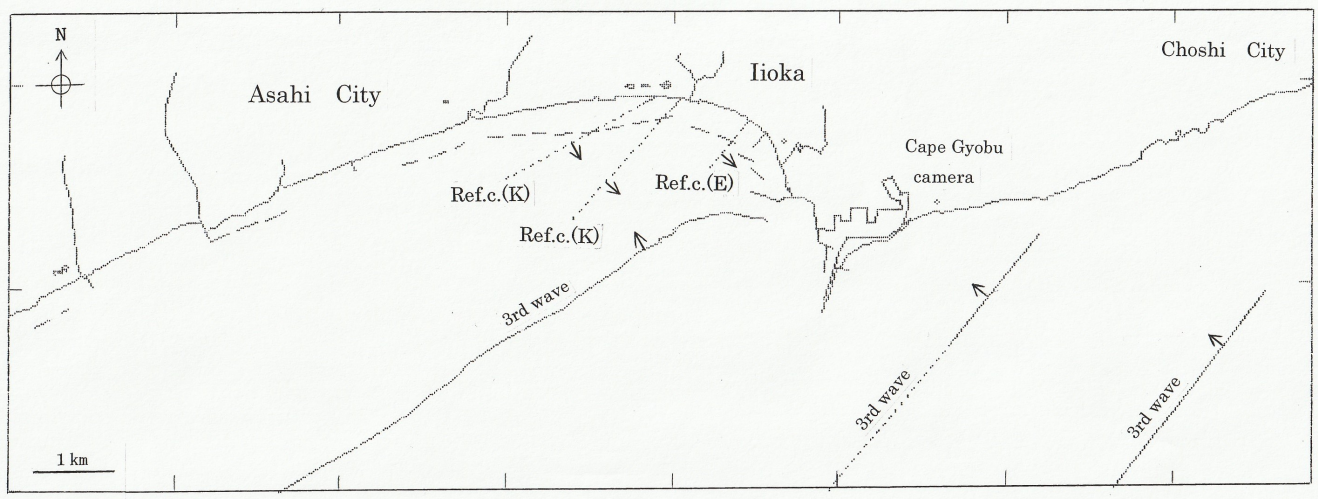
しかし、飯岡では第１波の後、第２波と第３波（特に第２波）の前に潮が大きく引き、湾の海底が干出して広大な砂浜が現れていたので、飯岡の海岸に「第１波のエッジ波」がとどまり続けたという事実はなかった。

【結論】「南下流」は第１波によるエッジ波ではなく、「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである。これが北上する後続流と離岸堤内で衝突して高まり、飯岡西岸を襲った。

【文献】春川光男(2013) 日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集HDS26-15

キーワード：波面の走向、写真測量、反射波、千葉県、旭市、飯岡
Keywords: strike of wave plane, photogrammetry, reflective wave , Chiba Prefecture, Asahi City, Iioka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | コンベンションホールB 2F

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)、座長:三反畑 修、久保田 達矢

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[HDS13-01] 2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響

★招待講演

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2] (1.中央大学、2.東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア)

15:45 ~ 16:00

[HDS13-02] Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1]、Kenji Satake[1]、Shingo Watada[1]、Ray Y Chuang[2]、Chih-Heng Lu[2] (1.Earthquake Research Institute,The University of Tokyo、2.Department of Geography, National Taiwan University)

16:00 ~ 16:15

[HDS13-03] **Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling**

*Mohammad Heidarzadeh[1]、Abdul Muhari[2]、Tomoya HARADA[3]、Takeo Ishibe[4]、Antonius Wijanarto[5] (1.Brunel University London、2.Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia、3.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan、4.Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan、5.Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia)

16:15 ~ 16:30

[HDS13-04] ニュージーランド・ケルマディック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1] (1.東京大学地震研究所)

16:30 ~ 16:45

[HDS13-05] **Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution**

*Iyan E. Mulia[1]、Aditya Riadi Gusman[2]、M. Jakir Hossen[3]、Kenji Satake[1] (1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo、2.GNS Science、3.BRAC University)

16:45 ~ 17:00

[HDS13-06] グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2] (1.公益財団法人鉄道総合技術研究所、2.伊藤忠テクノソリューションズ)

2018年スラウェシ島地震津波における浸水計算における波源の影響
Sensibility analysis for the inundation tsunami height due to 2018 Sulawesi earthquake and tsunami

*有川 太郎[1]、ムハリ アブドル[3]、武田 翔汰[1]、スパシリ アナワット[2]、今村 文彦[2]
*Taro Arikawa[1], Abdul Muhari[3], Shota Takeda[1], Anawat Suppasri[2], Fumihiko Imamura[2]

1. 中央大学、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 海洋漁業省、インドネシア
1. Chuo University, 2. IRIDES, Tohoku University, 3. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

遡上する津波波力が建物に作用する際の振る舞いについて，実験的にも解析的にも多くの研究がされている．しかし，斜面崩壊による津波の遡上及び浸水における波力の変動は十分に明らかになっていない．そこで本研究では，3次元流体シミュレータである及び2次元シミュレータを用いて，遡上計算の精度，特に波力の変動について考察する．対象としては2018年スラウェシ島地震津波の地滑り性津波とした。

まず，Arikawa et al.(2018)の調査結果を参考に，パル湾内の波源位置を合計6地点に設定した．本検討では簡易的に断層モデルによる波源の作成を行うこととした．各パラメータの内，断層面積，走向，傾斜角についてそれぞれ3ケース，9ケース，2ケースずつ考慮して，合計288ケースとした．そのなかで、潮位計の記録に対する変動特性を検討した。

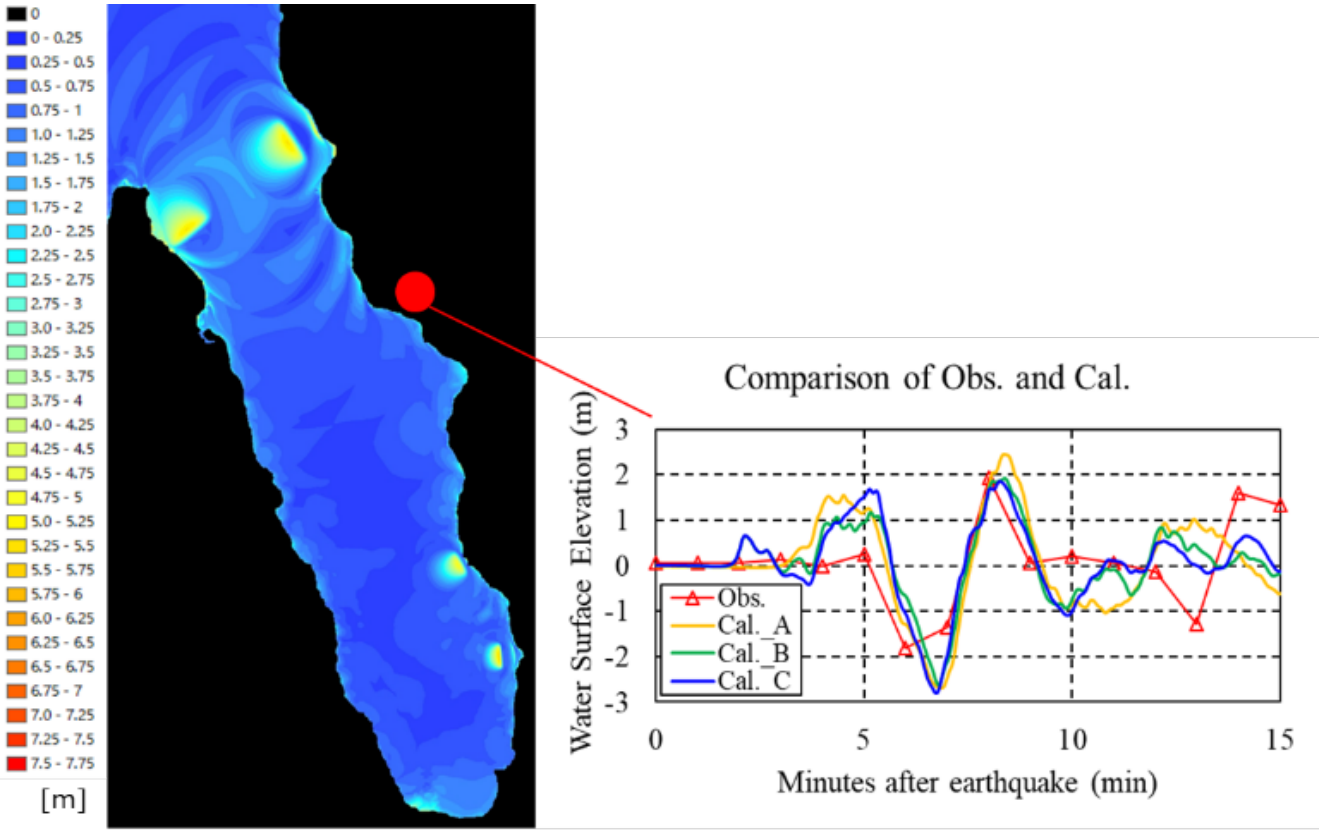
次に、最大浸水深とフルード数のばらつきについて検討した。検討を行うにあたっては，評価検討区域を湾内の20の地域に細分化した．各セグメントは、パル湾の沿岸に沿って，地形的な変化点を境界として，簡易的に区分した。セグメントごとに，全ての津波波源のケースに関する津波遡上計算結果をまとめ，最大浸水深及び最大浸水深時フルード数の結果を用いてそれぞれのヒストグラムを作成した。

これら結果から，最大浸水深の平均及び分散は，波源に近い，または湾内の対岸に位置するセグメントにおいて大きくなっていることが分かった．一方で，最大浸水深時フルード数の平均及び分散は，最大浸水深の結果と比較するとセグメントによっての差異が小さく，今回の検討においては，地形的特性の影響が小さいと言える．

次に，各種ばらつきと，最大浸水深との関係についての検討を行った．その際，全ての津波波源のケース及びセグメントについての津波遡上計算結果をまとめ，最大浸水深の小さな値から順に，0.2mごとに群を設定した．そして設定した群ごとに最大浸水深及び最大浸水深時フルード数のヒストグラムを作成した．その結果、全体的に最大浸水深が増加するに従って約4倍程度まで漸増する傾向がみられる．最大浸水深時フルード数の値としては，1.5～2.0倍程度増加していたことがわかり、今後は、本検討結果を構造物に対する設計などに活かす方法を考えることが重要である

キーワード：2018年スラウェシ島地震津波、地滑り性津波、浸水計算
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake and tsunami, Landslide tsuanmi, Inundation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tsunami Source of the 2018 Sulawesi Earthquake Estimated from Tsunami and InSAR Data

*Tungcheng Ho[1], Kenji Satake[1], Shingo Watada[1], Ray Y Chuang[2], Chih-Heng Lu[2]

1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Department of Geography, National Taiwan University

An unexpected destructive tsunami struck Palu Bay after the Mw 7.5 strike-slip faulting earthquake in Sulawesi, Indonesia, on 28 September 2018. This tsunami impacted Palu city with 5 m to 10 m runup. The combined effects of the earthquake and tsunami caused a few thousand casualties. The tsunami waves were observed by two tide gauges in Sulawesi. One tide gauge at Pantoloan port in the bay recorded tsunami waves starting at about 5 minutes after the earthquake with amplitudes of up to 2 m. The other tide gauge at Mamuju port recorded tsunami waves after about 20 minutes with peaks of about 10 cm. To understand the mechanism of this unusual tsunami, we jointly utilized the tsunami records and InSAR data to analyze the source of this earthquake. The InSAR data observed by Sentinel-1 well resolved the offset of horizontal ground movement in the direction of the orbit azimuth along the fault strike. The data show a strike of about 358˚ in the north of the bay and about 352˚ in the south of the bay. The magnitude of the offsets varied from about 1 m in the north to up to 5 m in the south. Our simple modeling result suggests a slip of about 5 m at the north and a slip up to 8 m at the south to reproduce the observed tsunami waveform at Pantoloan. The southern asperity extended about 40 km from the bay with a width of about 16 km. Tsunami travel time analysis showed that the main tsunami arrived at the Mamuju station after about 45 minutes which means the first tsunami wave at this station was triggered by another source.

Keywords: Palu, tsunami, InSAR, Sulawesi Earthquake, source inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Source Models of the Two September and December 2018 Indonesia Tsunamis Based on Spectral Analyses and Numerical Modeling

*Mohammad Heidarzadeh[1], Abdul Muhari[2], Tomoya HARADA[3], Takeo Ishibe[4], Antonius Wijanarto[5]

1. Brunel University London, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Jakarta 10110, Indonesia, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, Japan, 4. Association for the Development of Earthquake Prediction, Tokyo, 101-0064, Japan, 5. Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Indonesia

Indonesia was struck by two tsunamis in September and December 2018 in Sulawesi and Sunda strait, respectively. The combined fatalities from the two events were ~2500 people which made 2018 as one of the deadliest year for Indonesia in terms of natural disasters. The 2018 twin tsunamis were unique because both events were not generated by typical earthquake-generated seafloor deformation. The Sulawesi tsunami in September 2018 was most likely associated with a large submarine landslide (Heidarzadeh et al., 2018, Pure & Appl. Geophys. 176) and the Sunda event was of volcanic origin. Therefore, there have been intense speculations in the scientific community about the origins and mechanisms of these twin tsunamis without any clear clues about the source mechanisms so far (February 2019). Our methodology here to address the puzzle of the 2018 twin tsunamis is analyzing the observed tide gauges records of both events and then applying numerical simulations. For the Sulawesi tsunami, two tide gauge records were analyzed belonging to Pantoloan (inside the Palu Bay) and Mamuju (outside the Palu Bay). Maximum tsunami trough-to-crest heights of 380 and 24 cm, were measured in Pantoloan and Mamuju, respectively. Spectral analyses of the tide gauge records revealed dominating wave periods of 3.6–4.4 and 10 min at the aforesaid stations, respectively. Spectral results indicate that the tsunami source dimensions should have been most likely in the range of 3.4–4.1 km and 32.5 km, for inside and outside of the Palu Bay, respectively. We were able to reproduce the two observed tide gauge records using numerical simulations. However, the maximum simulated runup was approximately 2 m which was less than the observed runup of 11 m. It is likely that a secondary source, i.e. submarine landslide(s), has contributed to the tectonic source of the tsunami. We identify the southern part of the Palu Bay, around the latitude of -0.82°S, as the most likely location of a potential landslide based on our backward tsunami ray tracing analysis. For the Sunda tsunami, four tide gauges were analyzed revealing wave amplitudes in the range of 44-139 cm. The dominating period of the waves were ~7 min which are shorter than tsunamis generated by earthquakes. We have considered several landslide scenarios and conducted numerical modeling in order to reproduce the observed tsunami waves on the tide gauges and propose a source model for this tsunami.

Keywords: Tsunami, Indonesia, Sulawesi, Krakatoa Volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ニューシ゛ーラント゛・ケルマテ゛ィック諸島近海における火山性津波地震による隆起現象

Abrupt Large Uplift Caused by Volcanic Tsunami Earthquakes near the Kermadec Islands, New Zealand

*三反畑 修[1]、綿田 辰吾[1]、佐竹 健治[1]
*Osamu Sandanbata[1], Shingo Watada[1], Kenji Satake[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

Abnormal non-double-couple (NDC) earthquakes are sometimes observed near volcanic or geothermal areas [e.g. Shuler et al., 2013, JGR], some of which generate large tsunamis despite their moderate seismic magnitudes, M5-6. The Torishima earthquakes are ones of the few examples and were attributed to a large crustal uplift associated with some volcanic activity at a submarine caldera edifice on Izu-Bonin Ridge [Fukao et al., 2018, Sci. Adv.; Sandanbata et al., 2018, PAGEOPH]. This type of earthquakes therefore can be regarded as "volcanic tsunami earthquakes."

Another series of volcanic tsunami earthquake were observed near the Curtis and Cheeseman Islands, parts of the Kermadec Islands, north of New Zealand, on 17 Feb 2009 and 8 Dec 2017 (UTC). Tsunamis were recorded at tide gauges and ocean bottom pressure gauges with a maximum amplitude of ~40 cm. The two earthquakes are remarkably similar in seismic magnitudes (M~6.0), focal mechanisms (dominant NDC components), centroid locations (gap of ~10 km) and observed tsunami waves.

In order to investigate their tsunami sources, we numerically solved two-dimensional Boussinesq-like equations with the simulation code, JAGURS [Baba et al., 2015, PAGEOPH]. We first located their source region in the vicinity of the Curtis and Cheeseman Islands, by assuming Gaussian-shaped sea-surface uplifts at 9 locations. We then conducted the tsunami waveform inversion with Green’s functions computed from cosine-tapered uplift distributed around the islands. The estimated tsunami source has a large sea-surface uplift concentrated just over a bathymetric depression that is a characteristic structure of calderas. This suggests a large uplift on seafloor was caused by the earthquakes associated with a volcanic activity of the submarine caldera.

Large uplift events called “resurgence” have been observed at calderas in nature and experiments, which are often attributed to reactivation of ring faults due to overpressure of a magma reservoir [e.g. Acocella et al., 2001, JVGR]. We modeled crustal deformation of a caldera with an interacted system of a ring-fault structure and a shallow sill-like magma reservoir [Liu et al., 2017, AGU Fall Meeting]. Our modeling suggests that the system can cause a large uplift concentrated just over the caldera. The uplift also reproduced tsunami waves similar to the observations, while the gap between seismic and tsunami magnitudes can be explained qualitatively. We therefore suggest that a ring-fault reactivation due to overpressure in a sill-like magma reservoir as a possible mechanism of the earthquakes and their resultant tsunamis.

キーワード：火山性地震、火山性津波、火山性津波地震、カルデラ、津波、海底火山
Keywords: volcanic earthquake, volcanic tsunami, volcanic tsunami earthquake, caldera, tsunami, submarine volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Adaptive tsunami waveform inversion for estimating coseismic vertical displacements and slip distribution

*Iyan E. Mulia[1], Aditya Riadi Gusman[2], M. Jakir Hossen[3], Kenji Satake[1]

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. GNS Science, 3. BRAC University

We developed an advanced two-step tsunami source inversion method with adaptive Green's functions by applying an optimization and a reciprocity principle (Mulia et al., 2018 JGR). In the first step, the method reconstructs the sea surface displacement from observed tsunami waveforms based on a superposition of Gaussian-shaped unit sources. Here, we optimize the unit source locations that give the best fit of waveforms to observations. This leads to non-equidistantly distributed unit sources, in which the synthetic waveforms from such sources to the observation points are generated using the reciprocity principle to save computational efforts of Green's functions. In the second step, the reconstructed sea surface displacement is used to estimate the slip on a finite fault plane. We also optimize the fault parameters that produce the closest displacement pattern to the first step result. Therefore, our method provides best fitting of waveforms and optimum fault parameters with automation for the process. The current method improves our previous studies, in terms of the construction of tsunami Green's functions using the reciprocity principle and determination of fault parameters through the optimizations.

We tested the proposed method using tsunami data of the 2004 Kii Peninsula, Japan event generated by an M_w 7.4 intraplate earthquake. Our result revealed a maximum initial displacement of approximately 0.5 m with the uplift region extended northwest to the epicenter. This value is slightly higher than that of most source models by the previous studies (e.g. Baba et al., 2005 EPS, Satake et al., 2005 EPS), but yields more accurate tsunami waveforms, particularly at the later phase of waveform recorded at a Global Positioning System buoy station off Cape Muroto. In terms of fault slip distribution, our model produced a maximum slip of 2.1 m, located at the uplift region of the coseismic displacement. Furthermore, the shallow fault depth resulted from our simulation is consistent with the more reliably relocated aftershock distribution by Bai et al. (2006 EPS).

Keywords: Tsunami, Inversion, Optimization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測
Real-time tsunami prediction in a coastal zone, using a superposition of Green’s function

*津野 靖士[1]、橋本 紀彦[2]
*Seiji Tsuno[1], Norihiko Hashimoto[2]

1. 公益財団法人鉄道総合技術研究所、2. 伊藤忠テクノソリューションズ
1. Railway Technical Research Institute, 2. ITOCHU Techno-Solutions Corporation

近年、日本海溝海底地震津波観測網S-netや地震・津波観測監視システムDONET1＆2(防災科学技術研究所、海洋研究開発機構)が太平洋沖に整備され、海域の津波データを直接的に利用したリアルタイム津波予測手法が新たに提案されている(例えば、Yamamoto, 2016; Tanioka, 2018)。本研究では、津波予測手法の即時性とロバスト性に着目し、予め算出したグリーン関数の重ね合わせを利用した沿岸部のリアルタイム津波予測手法について検討した。

本手法では、波源域全体を要素波源(例えば、50km x 50km)に分割し、その要素波源の単位津波水位上昇量(1m)に対する沿岸地点のグリーン関数を予め算出する。津波が発生した場合は要素波源内では津波水位上昇量が同一であると仮定して、要素波源内1地点において計測された津波水位上昇量の最大値に対する要素波源-沿岸地点のグリーン関数を求める。これを分割した全ての要素波源に適用した後、それらのグリーン関数を重ね合わせることで、波源域全体に対する沿岸部の津波水位が得られる。本手法を2011年東北地方太平洋沖地震の内閣府モデルから算出した津波シミュレーション結果と比較した結果、両者は良く整合していることを確認した。

さらに、不均質な断層破壊による波源域の津波水位上昇量を利用することを目的に、要素波源内1地点において計測された時系列の津波データを要素波源の津波水位上昇量に置き換える方法についても検討した。津波が要素波源内を伝播する時間を適切に見積もることで、グリーン関数の重ね合わせを利用したリアルタイム津波予測に時系列の津波データを利用することができることが分かった。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：リアルタイム津波予測、グリーン関数、重ね合わせ、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Real-time tsunami prediction, Green’s function, Superposition, 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価
Evaluation of spring, groundwater and stream water quality for use as a cooling heat source at Iwaki volcano

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2]
*Seiichiro Ioka[1], Kazuyoshi Asai[2], Kazumi Asai[2]

1. 弘前大学地域戦略研究所、2. 株式会社地球科学研究所
1. Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, 2. Geo Science Laboratory

岩木山では，これまで地熱発電開発に必要な冷却熱源に関する調査研究は実施されていない。したがって，本研究では地熱発電，主に地熱バイナリー発電を実施する際に必要な冷却熱源として湧水，地下水，沢水の利用可能性について，沈殿物の生成の観点から水質特性から評価することを目的とした。

対象とした試料は，岩木山域に存在する湧水10地点，地下水2地点，沢水18地点である。計測項目は，pH，電気伝導率，水温，流量である。分析項目は，Li^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}, Fe, Mn, Sr, Ba, Cu, B, Si，アルカリ度，溶存有機炭素，$\delta^{18}O$，δDである。沈殿物の生成評価はPHREEQC Interactive Version.3.4.0.12927を用いて実施した。

沈殿物の生成は，採水時の平均温度10℃と加温15℃で評価した。その結果，カルサイトや非晶質シリカは，すべての湧水，地下水，沢水で10℃，15℃ともに飽和指数が未飽和であり，沈殿物の生成が起きにくいことが評価された。一方，鉄の沈殿物は，Fe濃度が0.005mg/L以上認められた沢水において飽和指数が過飽和を示したが，0.1mg/L以上の地点が2地点のみで利用時，その地点を利用しなければ影響は少ないと考えられる。以上，沈殿物生成の観点から本地域の湧水，地下水，沢水は，冷却熱源利用としての有効活用が可能である。

キーワード：岩木山、水質、冷却熱源利用
Keywords: Iwaki Volcano, water quality, cooling heat source use

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴 ー地下水の熱利用を見据えた検討ー

Characteristics of the confined groundwater based on the monitoring results in the western part of Osaka area: For thermal utilization of groundwater

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]
*Hiroko Ito[1], Naoko Kitada[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

再生可能エネルギーの普及拡大が全国的に推進される中，大阪地域においても，地下水の熱利用に関する検討が進められている。大阪市内では，帯水層蓄熱型（Aquifer Thermal Energy Storage; ATES）のオープンループシステムによる地下水の熱利用の実証試験が行われ，揚水規制の緩和を前提とした地下水利用が積極的に推進されるなど具体的なプロジェクトが進行している（大阪市，2018）。このような背景を受け，我々は，西大阪地域を対象としてATESシステムによる地下水の熱利用を見据えた被圧地下水の調査研究を行った。

西大阪平野には海成粘土層が水平に厚く堆積し，その間の砂礫層の連続性も良好である（KG-NET・関西圏地盤研究会，2007）。完新統の粘土層（Ma13層）の下位に分布する砂礫層は「第１被圧帯水層（Dg1）」，最上位更新統の粘土層（Ma12）の下位に分布する砂礫層は「第２被圧帯水層（Dg2）」を形成し， Dg2の下位には「第３被圧帯水層（Dg3）」が分布する。ATESシステム利用の際には，地盤沈下のリスクを避けるためDg2またはDg3に賦存する地下水を利用する必要がある（大阪市，2018）。しかし，周辺地盤への影響評価を行う上では，Dg1の地下水の性状も明らかにしておく必要がある。そこで本研究では，ATESシステム導入前における地下水の性状（初期値）を詳細に把握するとともに，ATESシステム導入時の課題や留意点について検討するため，上記の３層の帯水層に賦存する地下水の水位・水温・水質のモニタリング調査を実施した。

地下水の水質分析の結果，全ての試料でNa^{+}-Cl^{-}型の主成分組成を示した。調査地域の北部（梅田～福島）よりも南部（中之島より南側）において溶存成分濃度が高く，Dg1の地下水は最大で海水の25%程度の塩分濃度を示した。水の酸素・水素安定同位体比の分析結果から，特にDg1の地下水には海水が混入している可能性がある。また，Dg1，Dg2，Dg3ともに還元的な地下水質を示し，例えば，鉄は約80%が溶存態として存在することが明らかとなった。硝酸性窒素や硫酸イオンがほとんど検出されないことも，本研究で分析した地下水が還元的な水質組成であることを支持する。そのためATESシステムを長期的に運用する際には，水酸化鉄の沈殿によるストレーナの目詰まりを防止するため，還元的な環境が保持されるシステムを構築する必要がある。また，各帯水層の地下水の水質特性が有意に異なることから，熱利用のために揚水した地下水は，確実に元の帯水層へ還水すべきである。

地下水位はいずれの帯水層でも調査地点ごとの大きな差は認められず，調査地域全体として停滞した地下水環境であることが示唆された。Dg1の地下水位は概ねT.P.-1.5～-1.0m程度で，緩やかに季節変動している。最も西側の調査地点で定常的に水位がわずかに高いことから，西から海水が緩やかに流入している可能性がある。このような特徴は，上述の水質分析の結果とも整合的である。Dg2の地下水位はT.P.-1.0m程度でほぼ一定で，調査地点ごとの明瞭な違いもみられないため，地下水がほとんど流動していない状況が示唆される。また，2017年に数回，周辺工事の影響と推測される短期間で急激な地下水位低下が全地点のDg2で確認され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た。しかし，Dg1およびDg3の地下水位にはこのような変化は見られなかったため，少なくとも本調査地域内では，Dg1，Dg2，Dg3がそれぞれ粘土層によって遮水された独立した帯水層であると考えることができる。

地下水の水温は，ATESシステムの設計や熱効率，揚水（還水）が周辺環境に与える影響などを評価するための基礎データとして重要である。本調査では，鉛直方向への連続水温測定（1m間隔）を年4回実施した。表層から深度30m付近までは季節変動と地点ごとの差異が認められたが，深度30mより深部では季節を通じて18℃程度とほぼ一定で，地点ごとの差もほとんどなく安定した値を示した。ただし，上町台地に近い調査地点では，同じ深度でも西側の他地点より定常的に2℃程度高かった。そのため，大阪市内でも地下水の熱利用効率が地区ごとに異なる可能性があるが，現時点ではまだ地点数が少なく詳しく言及できないため今後の検討課題である。

最後に，本研究は，NEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）により実施したものである。

キーワード：西大阪地域、ATESシステム、被圧地下水
Keywords: western part of Osaka area, Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) system, confined groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

Predictability of Wind Power Ramp Events based on Dynamical and Statistical Ensemble Prediction

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1]
*Daisuke Nohara[1], Takeshi Watanabe[1], Masamichi Ohba[1], Shinji Kadokura[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

風速の急変化よって生じる風力発電出力量の急変化現象（ランプ現象）は，電力系統の安定運用に大きく影響を与えている．日本では，ランプ現象は主に温帯低気圧の発達やその進路等の総観規模擾乱の影響を受けているため，ランプ現象の予測精度向上のためには，総観規模の気圧配置の適切な予測が必要となっている．一方，大気力学に内在するカオス性により，予測を大きく外すこともあり，このようなカオス性に対し，摂動を与えた複数の初期値から複数の予測を行うアンサンブル予測手法が有効である．本研究では，アンサンブル予測手法を用い，気象予測の不確実性の考慮だけでなく，気象予測から風力発電出力への変換の不確実性も勘案し，予測の不確実性を網羅した確率的な風力発電出力及びランプ現象予測手法を開発した．アンサンブル予測は，気象庁の週間アンサンブル予報を，気象予測解析システムNuWFASにてダウンスケーリングし，アンサンブルメンバーの多様性を確保した11メンバーから構成される．風力発電出力への変換は，予測した風速とモニタリングによるエリア出力合計値の対応関係で得られる経験的なパワーカーブを用いる．この対応関係では，予測風速に対する出力結果の頻度分布をベータ分布で仮定し，累積頻度毎にパワーカーブを作成できる．アンサンブルメンバーと累積頻度をランダムに選び，合計100メンバーから構成される拡張したアンサンブル風力発電出力予測結果が得られる．東北エリアを対象とした検証をランプ現象の要因に分けて評価すると，低気圧や冬型を起因とする場合で捕捉率が高く，アンサンブル予測の利用による精度向上の効果が得られた．

キーワード：風力、ランプ現象、予測
Keywords: Wind power, ramp events, prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

襟裳岬周辺の洋上風況
Offshore wind resource in the vicinity of Cape Erimo

*島田 照久[1]
*Teruhisa Shimada[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

洋上風力エネルギーは、豊富な賦存量と大規模開発が可能という点で、今後は再生可能エネルギーの中心的な存在になることが期待されている。北日本では、洋上風力エネルギー利用の検討と促進のため、詳細な風況観測、ゾーニング事業、洋上風車の設置検討が進んでいるところも多い。こうした取り組みを進める上で、風況マップのさらなる理解が求められている。

最新の洋上風況マップNeoWins（http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html）などによると、襟裳岬の周辺海域は、日本沿岸で最大の洋上風力エネルギー賦存量・導入ポテンシャルを持つことが示されている。日本沿岸において、海岸線から20 km程度離れた海域で、100 m高度の年平均風速が10 m/sを超えるのは、襟裳岬と石廊崎の周辺の海域だけである。

しかしながら、襟裳岬の周辺海域発生する強風については、ほとんど着目されることがなかった。つまり、日本沿岸で最大の風力エネルギーが、襟裳岬の周辺海域で生み出されるメカニズムについては、研究例がないのが実情である。一部の過去の研究は、衛星観測によって局地的強風が襟裳岬の付近の海上で発生している実例を示した（Shimada and Kawamura, 2004, 2007）が、風況マップの理解や風況に関する統計値への影響の把握には至っていない。本研究では、襟裳岬で発生する局地的強風の理解を目指し、洋上風況のさらなる理解につなげることを目指す。

キーワード：洋上風況、衛星観測、気象モデル
Keywords: offshore wind resource assessment, satellite observation, meteorological simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法
An Efficient Method for Estimating the Surface Solar Irradiance Based on Satellite-Observed Scattered Solar Radiation

*西澤 慶一[1]
*Keiichi Nishizawa[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

近年、太陽光発電の普及が進んでおり、電力系統に及ぼす影響を把握するため、発電出力を正確に知る必要がある。地域で積分された発電出力を見積もるには、気象衛星から観測された散乱日射強度に基づいて、地上日射量を推定する方法が有効である。

本研究で開発した地上日射量の推定スキームでは、初めに、観測された地表面ー大気系の双方向反射率に対応する、層状雲の光学的厚さを見積もる。雲がある地球の双方向反射率を計算するため、東京大学が開発した放射伝達モデル（Rstar6b）を、16ストリームの分解能で用いた。この計算結果を、雲の光学的厚さ、氷雲の光学的厚さの比率、衛星天頂角の余弦、太陽天頂角の余弦、衛星と入射太陽放射の方位角の差、および地表面アルベドに関する6次元配列に予め保存しておき、雲の光学的厚さを効率的に推定できるようにした。雲の光学的厚さが得られたら、デルタ2ストリーム近似の太陽放射伝達モデルを用いて、地上日射量の直達・散乱成分を計算する。

この推定スキームを実際の衛星観測データに適用した場合を想定し、地表面アルベドなどに不確実性がある場合の地上日射量の推定誤差を見積もった。その結果、地表面アルベドを±0.05以内の誤差で与えれば、地上日射量の誤差が概ね±80 W m^{-2}以内に収まることが分かった。

キーワード：衛星観測、散乱日射、地上日射量
Keywords: satellite observation, scattered solar radiation, surface solar irradiance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法
Advance detection method of large forecast error on surface solar radiation considering atmospheric circulation patterns

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3]
*Fumichika Uno[1,3], Mio Matsueda[2], Takashi oozeki[1], Hideaki Ohtake[1,3], Yoshinori Yamada[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 筑波大学、3. 気象研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. University of Tsukuba, 3. Meteorological Research Institute

Prediction of surface solar radiation (SSR) using numerical weather prediction (NWP) models usually use at several hours to several days forecast. Large forecast errors (forecast busts) for SSR and therefore photovoltaic power generation may lead to either a shortage of power supply or production of excessive surplus power.

Previous study proposed the detection method of forecast busts using lognormal ensemble spread (standard deviation of ensemble forecast). This study also evaluates lognormal ensemble spread as the four NWP centers (Japan Meteorological Agency: JMA, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF, National Centers for Environmental Prediction: NCEP, United Kingdom Met Office: UKMO) and a multi-center grand ensemble (MCGE). However, this study assessed the detectability each atmospheric circulation patterns. The detectability was assessed using ROC diagram. The study period is January 2014 to May 2017 in five winter months (January, February, May, November, December), and forecast lead time is from 24 to 144 hour every 24hours. The forecast busts were defined as the top 5, 10, 15, 20, 25, 30% absolute forecast error. The atmospheric circulation patterns are categorized Winter monsoon (WM), Winter Pacific (WP), High Pressure (HP), Low Pressure (LP), Southerly Flow (SF) using 500hPa height.

As the results, the proposed method in this study indicate higher detectability of forecast bust than the non-categorized detection (previous study) method. For instance, the WP and SF patterns are higher than the non-categorized detection method. Particularly, the hit rate on proposed method was improved more large forecast error event (top 5% forecast busts events), false alarm rate was improved almost all forecast lead time and fix forecast busts cases.

キーワード：太陽光発電予測、アンサンブル予測、予測の大外し
Keywords: Prediction of surface solar radiation, Ensemble forecast, Forecast busts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

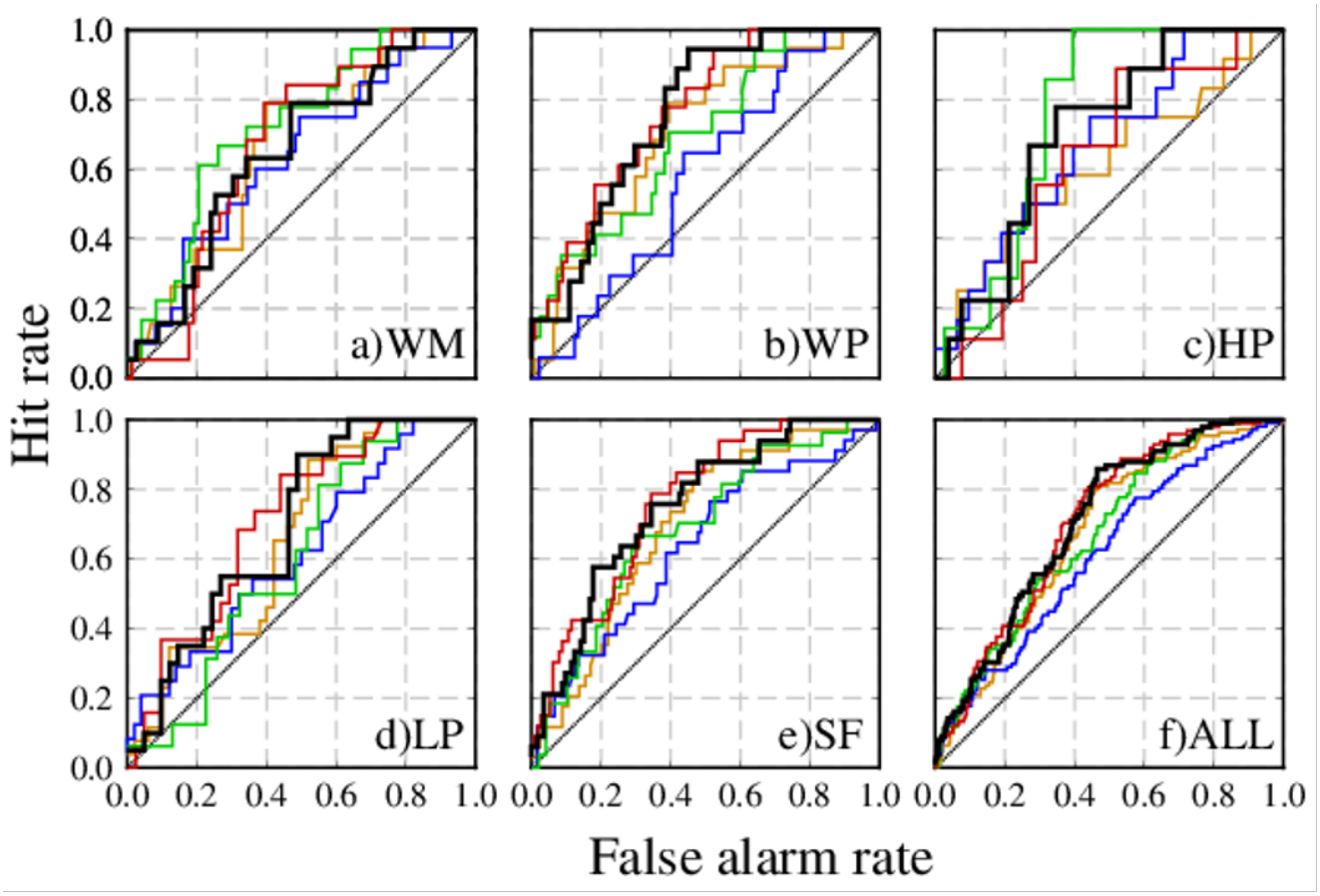


Fig. ROC diagram each circulation patterns (a-e) and non-categorized (f) curve at 24 hours forecast lead time. The forecast busts was defined as the top 20%. The black thick line indicate MCGE, color thin lines indicate JMA (red), ECMWF(Yellow), NCEP (green), UKMO(blue).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価
Evaluation of spring, groundwater and stream water quality for use as a cooling heat source at Iwaki volcano

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2]
*Seiichiro Ioka[1], Kazuyoshi Asai[2], Kazumi Asai[2]

1. 弘前大学地域戦略研究所、2. 株式会社地球科学研究所
1. Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, 2. Geo Science Laboratory

岩木山では，これまで地熱発電開発に必要な冷却熱源に関する調査研究は実施されていない。したがって，本研究では地熱発電，主に地熱バイナリー発電を実施する際に必要な冷却熱源として湧水，地下水，沢水の利用可能性について，沈殿物の生成の観点から水質特性から評価することを目的とした。

対象とした試料は，岩木山域に存在する湧水10地点，地下水2地点，沢水18地点である。計測項目は，pH，電気伝導率，水温，流量である。分析項目は，Li^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}, Fe, Mn, Sr, Ba, Cu, B, Si，アルカリ度，溶存有機炭素，$\delta^{18}O$，δDである。沈殿物の生成評価はPHREEQC Interactive Version.3.4.0.12927を用いて実施した。

沈殿物の生成は，採水時の平均温度10℃と加温15℃で評価した。その結果，カルサイトや非晶質シリカは，すべての湧水，地下水，沢水で10℃，15℃ともに飽和指数が未飽和であり，沈殿物の生成が起きにくいことが評価された。一方，鉄の沈殿物は，Fe濃度が0.005mg/L以上認められた沢水において飽和指数が過飽和を示したが，0.1mg/L以上の地点が2地点のみで利用時，その地点を利用しなければ影響は少ないと考えられる。以上，沈殿物生成の観点から本地域の湧水，地下水，沢水は，冷却熱源利用としての有効活用が可能である。

キーワード：岩木山、水質、冷却熱源利用
Keywords: Iwaki Volcano, water quality, cooling heat source use

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴 ー地下水の熱利用を見据えた検討ー

Characteristics of the confined groundwater based on the monitoring results in the western part of Osaka area: For thermal utilization of groundwater

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]
*Hiroko Ito[1], Naoko Kitada[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

再生可能エネルギーの普及拡大が全国的に推進される中，大阪地域においても，地下水の熱利用に関する検討が進められている。大阪市内では，帯水層蓄熱型（Aquifer Thermal Energy Storage; ATES）のオープンループシステムによる地下水の熱利用の実証試験が行われ，揚水規制の緩和を前提とした地下水利用が積極的に推進されるなど具体的なプロジェクトが進行している（大阪市，2018）。このような背景を受け，我々は，西大阪地域を対象としてATESシステムによる地下水の熱利用を見据えた被圧地下水の調査研究を行った。

西大阪平野には海成粘土層が水平に厚く堆積し，その間の砂礫層の連続性も良好である（KG-NET・関西圏地盤研究会，2007）。完新統の粘土層（Ma13層）の下位に分布する砂礫層は「第１被圧帯水層（Dg1）」，最上位更新統の粘土層（Ma12）の下位に分布する砂礫層は「第２被圧帯水層（Dg2）」を形成し， Dg2の下位には「第３被圧帯水層（Dg3）」が分布する。ATESシステム利用の際には，地盤沈下のリスクを避けるためDg2またはDg3に賦存する地下水を利用する必要がある（大阪市，2018）。しかし，周辺地盤への影響評価を行う上では，Dg1の地下水の性状も明らかにしておく必要がある。そこで本研究では，ATESシステム導入前における地下水の性状（初期値）を詳細に把握するとともに，ATESシステム導入時の課題や留意点について検討するため，上記の３層の帯水層に賦存する地下水の水位・水温・水質のモニタリング調査を実施した。

地下水の水質分析の結果，全ての試料でNa^{+}-Cl^{-}型の主成分組成を示した。調査地域の北部（梅田～福島）よりも南部（中之島より南側）において溶存成分濃度が高く，Dg1の地下水は最大で海水の25%程度の塩分濃度を示した。水の酸素・水素安定同位体比の分析結果から，特にDg1の地下水には海水が混入している可能性がある。また，Dg1，Dg2，Dg3ともに還元的な地下水質を示し，例えば，鉄は約80%が溶存態として存在することが明らかとなった。硝酸性窒素や硫酸イオンがほとんど検出されないことも，本研究で分析した地下水が還元的な水質組成であることを支持する。そのためATESシステムを長期的に運用する際には，水酸化鉄の沈殿によるストレーナの目詰まりを防止するため，還元的な環境が保持されるシステムを構築する必要がある。また，各帯水層の地下水の水質特性が有意に異なることから，熱利用のために揚水した地下水は，確実に元の帯水層へ還水すべきである。

地下水位はいずれの帯水層でも調査地点ごとの大きな差は認められず，調査地域全体として停滞した地下水環境であることが示唆された。Dg1の地下水位は概ねT.P.-1.5～-1.0m程度で，緩やかに季節変動している。最も西側の調査地点で定常的に水位がわずかに高いことから，西から海水が緩やかに流入している可能性がある。このような特徴は，上述の水質分析の結果とも整合的である。Dg2の地下水位はT.P.-1.0m程度でほぼ一定で，調査地点ごとの明瞭な違いもみられないため，地下水がほとんど流動していない状況が示唆される。また，2017年に数回，周辺工事の影響と推測される短期間で急激な地下水位低下が全地点のDg2で確認され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た。しかし，Dg1およびDg3の地下水位にはこのような変化は見られなかったため，少なくとも本調査地域内では，Dg1，Dg2，Dg3がそれぞれ粘土層によって遮水された独立した帯水層であると考えることができる。

地下水の水温は，ATESシステムの設計や熱効率，揚水（還水）が周辺環境に与える影響などを評価するための基礎データとして重要である。本調査では，鉛直方向への連続水温測定（1m間隔）を年4回実施した。表層から深度30m付近までは季節変動と地点ごとの差異が認められたが，深度30mより深部では季節を通じて18℃程度とほぼ一定で，地点ごとの差もほとんどなく安定した値を示した。ただし，上町台地に近い調査地点では，同じ深度でも西側の他地点より定常的に2℃程度高かった。そのため，大阪市内でも地下水の熱利用効率が地区ごとに異なる可能性があるが，現時点ではまだ地点数が少なく詳しく言及できないため今後の検討課題である。

最後に，本研究は，NEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）により実施したものである。

キーワード：西大阪地域、ATESシステム、被圧地下水
Keywords: western part of Osaka area, Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) system, confined groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

Predictability of Wind Power Ramp Events based on Dynamical and Statistical Ensemble Prediction

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1]
*Daisuke Nohara[1], Takeshi Watanabe[1], Masamichi Ohba[1], Shinji Kadokura[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

風速の急変化よって生じる風力発電出力量の急変化現象（ランプ現象）は，電力系統の安定運用に大きく影響を与えている．日本では，ランプ現象は主に温帯低気圧の発達やその進路等の総観規模擾乱の影響を受けているため，ランプ現象の予測精度向上のためには，総観規模の気圧配置の適切な予測が必要となっている．一方，大気力学に内在するカオス性により，予測を大きく外すこともあり，このようなカオス性に対し，摂動を与えた複数の初期値から複数の予測を行うアンサンブル予測手法が有効である．本研究では，アンサンブル予測手法を用い，気象予測の不確実性の考慮だけでなく，気象予測から風力発電出力への変換の不確実性も勘案し，予測の不確実性を網羅した確率的な風力発電出力及びランプ現象予測手法を開発した．アンサンブル予測は，気象庁の週間アンサンブル予報を，気象予測解析システムNuWFASにてダウンスケーリングし，アンサンブルメンバーの多様性を確保した11メンバーから構成される．風力発電出力への変換は，予測した風速とモニタリングによるエリア出力合計値の対応関係で得られる経験的なパワーカーブを用いる．この対応関係では，予測風速に対する出力結果の頻度分布をベータ分布で仮定し，累積頻度毎にパワーカーブを作成できる．アンサンブルメンバーと累積頻度をランダムに選び，合計100メンバーから構成される拡張したアンサンブル風力発電出力予測結果が得られる．東北エリアを対象とした検証をランプ現象の要因に分けて評価すると，低気圧や冬型を起因とする場合で捕捉率が高く，アンサンブル予測の利用による精度向上の効果が得られた．

キーワード：風力、ランプ現象、予測
Keywords: Wind power, ramp events, prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

襟裳岬周辺の洋上風況
Offshore wind resource in the vicinity of Cape Erimo

*島田 照久[1]
*Teruhisa Shimada[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

洋上風力エネルギーは、豊富な賦存量と大規模開発が可能という点で、今後は再生可能エネルギーの中心的な存在になることが期待されている。北日本では、洋上風力エネルギー利用の検討と促進のため、詳細な風況観測、ゾーニング事業、洋上風車の設置検討が進んでいるところも多い。こうした取り組みを進める上で、風況マップのさらなる理解が求められている。

最新の洋上風況マップNeoWins（http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html）などによると、襟裳岬の周辺海域は、日本沿岸で最大の洋上風力エネルギー賦存量・導入ポテンシャルを持つことが示されている。日本沿岸において、海岸線から20 km程度離れた海域で、100 m高度の年平均風速が10 m/sを超えるのは、襟裳岬と石廊崎の周辺の海域だけである。

しかしながら、襟裳岬の周辺海域発生する強風については、ほとんど着目されることがなかった。つまり、日本沿岸で最大の風力エネルギーが、襟裳岬の周辺海域で生み出されるメカニズムについては、研究例がないのが実情である。一部の過去の研究は、衛星観測によって局地的強風が襟裳岬の付近の海上で発生している実例を示した（Shimada and Kawamura, 2004, 2007）が、風況マップの理解や風況に関する統計値への影響の把握には至っていない。本研究では、襟裳岬で発生する局地的強風の理解を目指し、洋上風況のさらなる理解につなげることを目指す。

キーワード：洋上風況、衛星観測、気象モデル
Keywords: offshore wind resource assessment, satellite observation, meteorological simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法
An Efficient Method for Estimating the Surface Solar Irradiance Based on Satellite-Observed Scattered Solar Radiation

*西澤 慶一[1]
*Keiichi Nishizawa[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

近年、太陽光発電の普及が進んでおり、電力系統に及ぼす影響を把握するため、発電出力を正確に知る必要がある。地域で積分された発電出力を見積もるには、気象衛星から観測された散乱日射強度に基づいて、地上日射量を推定する方法が有効である。

本研究で開発した地上日射量の推定スキームでは、初めに、観測された地表面ー大気系の双方向反射率に対応する、層状雲の光学的厚さを見積もる。雲がある地球の双方向反射率を計算するため、東京大学が開発した放射伝達モデル（Rstar6b）を、16ストリームの分解能で用いた。この計算結果を、雲の光学的厚さ、氷雲の光学的厚さの比率、衛星天頂角の余弦、太陽天頂角の余弦、衛星と入射太陽放射の方位角の差、および地表面アルベドに関する6次元配列に予め保存しておき、雲の光学的厚さを効率的に推定できるようにした。雲の光学的厚さが得られたら、デルタ2ストリーム近似の太陽放射伝達モデルを用いて、地上日射量の直達・散乱成分を計算する。

この推定スキームを実際の衛星観測データに適用した場合を想定し、地表面アルベドなどに不確実性がある場合の地上日射量の推定誤差を見積もった。その結果、地表面アルベドを±0.05以内の誤差で与えれば、地上日射量の誤差が概ね±80 W m^{-2}以内に収まることが分かった。

キーワード：衛星観測、散乱日射、地上日射量
Keywords: satellite observation, scattered solar radiation, surface solar irradiance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法
Advance detection method of large forecast error on surface solar radiation considering atmospheric circulation patterns

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3]
*Fumichika Uno[1,3], Mio Matsueda[2], Takashi oozeki[1], Hideaki Ohtake[1,3], Yoshinori Yamada[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 筑波大学、3. 気象研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. University of Tsukuba, 3. Meteorological Research Institute

Prediction of surface solar radiation (SSR) using numerical weather prediction (NWP) models usually use at several hours to several days forecast. Large forecast errors (forecast busts) for SSR and therefore photovoltaic power generation may lead to either a shortage of power supply or production of excessive surplus power.

Previous study proposed the detection method of forecast busts using lognormal ensemble spread (standard deviation of ensemble forecast). This study also evaluates lognormal ensemble spread as the four NWP centers (Japan Meteorological Agency: JMA, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF, National Centers for Environmental Prediction: NCEP, United Kingdom Met Office: UKMO) and a multi-center grand ensemble (MCGE). However, this study assessed the detectability each atmospheric circulation patterns. The detectability was assessed using ROC diagram. The study period is January 2014 to May 2017 in five winter months (January, February, May, November, December), and forecast lead time is from 24 to 144 hour every 24hours. The forecast busts were defined as the top 5, 10, 15, 20, 25, 30% absolute forecast error. The atmospheric circulation patterns are categorized Winter monsoon (WM), Winter Pacific (WP), High Pressure (HP), Low Pressure (LP), Southerly Flow (SF) using 500hPa height.

As the results, the proposed method in this study indicate higher detectability of forecast bust than the non-categorized detection (previous study) method. For instance, the WP and SF patterns are higher than the non-categorized detection method. Particularly, the hit rate on proposed method was improved more large forecast error event (top 5% forecast busts events), false alarm rate was improved almost all forecast lead time and fix forecast busts cases.

キーワード：太陽光発電予測、アンサンブル予測、予測の大外し
Keywords: Prediction of surface solar radiation, Ensemble forecast, Forecast busts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

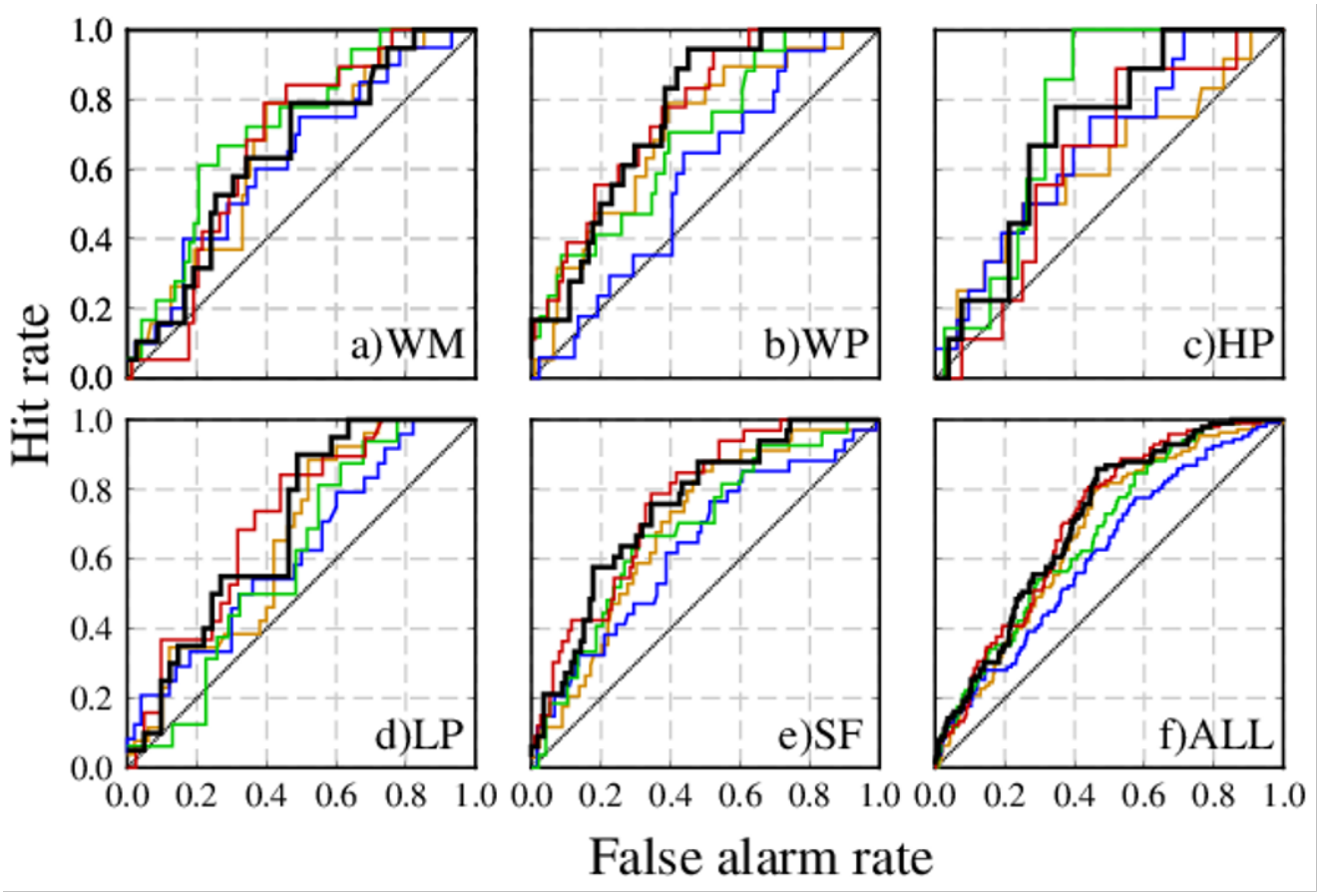


Fig. ROC diagram each circulation patterns (a-e) and non-categorized (f) curve at 24 hours forecast lead time. The forecast busts was defined as the top 20%. The black thick line indicate MCGE, color thin lines indicate JMA (red), ECMWF(Yellow), NCEP (green), UKMO(blue).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 301B 3F

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)、座長:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

15:30 ~ 15:55

[HRE17-01] 地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー
★招待講演

*笹田 政克[1] (1.地中熱利用促進協会)

15:55 ~ 16:10

[HRE17-02] 西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所、2.岡山大学)

16:10 ~ 16:25

[HRE17-03] モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良

*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1] (1.電力中央研究所)

16:25 ~ 16:40

[HRE17-04] **気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討**

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2] (1.国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2.東京工業大学大学院　情報理工学研究科)

16:40 ~ 17:00

Discussion

地中熱利用での地球科学データの活用　ーとくに有効熱伝導率についてー
Application of geological dara to ground source heat pump systems with special reference to thermal conductivity of geological materials

*笹田 政克[1]
*Masakatsu SASADA[1]

1. 地中熱利用促進協会
1. Geo-Heat Promotion Association of Japan

地表から200mくらいまでの深さにある熱エネルギーを地中熱と呼んでいる。地中の温度は年間通してほぼ一定であるので、冬と夏に地上と地中との間に10℃を超える温度差が生じる。この温度差を活用して地中の熱エネルギーをヒートポンプにより生活に必要な温度範囲のエネルギーに変換すると、冷暖房、給湯などが効率的にできる。地中熱ヒートポンプは、一般に使用されている空気を熱源にしたヒートポンプ(エアコン)に比べて省エネ性が高く、温室効果ガスの削減効果が大きい。また、夏季の冷房廃熱が大気中に放出されないため、大都市圏で顕著なヒートアイランド現象の抑制効果がある。

地中熱ヒートポンプシステムを住宅・建築物に導入する場合、熱源の評価が必要となる。建物の熱負荷に応じて、暖房時には地中から採熱され、冷房時には地中に放熱される。建物が立地する場所の地層の熱物性の違いで、採放熱時の地中での熱拡散が異なるので、地中熱ヒートポンプシステムの設計においては、それらの熱物性のデータが必要となる。とりわけ重要な値が有効熱伝導率である。

有効熱伝導率については、空気調和衛生工学便覧に収録された代表的な地質ユニットのデータが活用されているが、地中熱利用が増えてきている現状において、日本列島における地質の多様性を考慮するなら、より多くの地質データに基づく検討が必要な時期にきている。一方、現地での熱応答試験により求めた有効熱伝導率の実測値については、地中熱利用促進協会がまとめたデータが活用されており、地質データとの対応が示されていないが、地中熱利用が行われている主として市街地に分布する地層の有効熱伝導率を表しているものといえる。

2016年から地中熱ヒートポンプシステムの省エネ基準による評価が可能になり、現時点では非住宅建築物でクローズドループを用いた場合の年間一次エネルギー消費量の値が、それぞれの建物種別ごとに、また気象条件の異なる地域ごとにWebプログラムにより計算できる。その際に地層の有効熱伝導率の値の入力が必要であり、入力にあたっては3つの方法が選択できる。

一番望ましい方法は、熱応答試験で求めた現地の有効熱伝導率を用いる方法であるが、熱応答試験が実施されていない場合は、現地での地盤調査のボーリングデータに基づき計算された値(地質データに上記便覧の文献値を対応させる)を用いることもでき、また、それもできない場合は、有効熱伝導率のデフォルト値として1.2W/mKを入力することになっている。

熱応答試験による有効熱伝導率の算出が望ましいことは言うまでもないが、その品質の確保も必要であり、建築確認申請をする際には測定装置については地中熱利用促進協会の装置認定を受けたものであることを示す書類の提出が義務付けられている。

このように地層の有効熱伝導率のデータが、省エネ基準による一次エネルギー消費量の計算に活用されてきているが、熱応答試験を行わないケースがほとんどとなる住宅や小規模建築物においては、それぞれの地域の地質特性に応じて、参照できる文献値としての有効熱伝導率のデータの整備が必要であり、設計者が利用できるデータベースがあると普及に役立つ。近年、主に都道府県単位で整備が進められている地中熱ポテンシャルマップは、その要請に応えるものであるが、マップを作成するための基礎データである有効熱伝導率の実測値がまだ少ないのが現状である。

キーワード：地中熱ヒートポンプ、有効熱伝導率、熱応答試験

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Ground source heat pump, Effective thermal conductivity, Thermal response test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

西大阪地域の地下水の利用と取り組みについて
Use of groundwater in the Nishi-Osaka Area and its activities.

*北田 奈緒子[1]、伊藤 浩子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]、西垣 誠[2]
*Naoko Kitada[1], Hiroko Ito[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1], Makoto Nishigaki[2]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所、2. 岡山大学
1. Geo-Research Institute, 2. Okayama University

上町台地より西側の西大阪地域では、海水準変動の繰り返しに伴う複数の粘土層が層状に堆積し、粘土層間の砂礫層は豊富な地下水が賦存する被圧帯水層を形成している。しかしながら、1960年代の工場用水の大量汲み上げによって引き起こされた深刻な地盤沈下が原因となり、現在は揚水が厳しく規制されている。昨今、特に大阪市内においては、再生熱エネルギーとしての地下水利用プロジェクトが推進されるなど、地下水の有効利用についての検討が進められている。

本研究ではNEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）の一環として、地下水の広域的な特性を把握することを目的に3年間の水質観測を実施するとともに、観測井構築時の採取試料から、各帯水層の特性の把握を行い、ボーリングデータベースを用いた帯水層分布の推定などを実施した。本研究の地下水観測には、「地下水地盤環境に関する研究協議会」が管理する観測井の一部を利用させていただいた。対象とした帯水層は、完新統の粘土層(Ma13)の下位に分布する砂礫層（第1被圧帯水層：Dg1)と、最上位更新統の粘土層(Ma12)の下位に分布する砂礫層（第2被圧帯水層：Dg2)である。水質については、2016～2018年の年4回、計12回採水した地下水について主成分組成の分析と水温測定を実施し、その特性を把握した。その結果、Dg1、Dg2共に還元的でNa-Cl型の水質組成を示し、特にDg1の方がより塩濃度が高いことが明らかとなった。また、採取試料による粒度試験とボーリングデータベースの検討からは，Dg2層は大阪の中心地域（大阪駅から中之島付近）において層厚が厚く分布することが明らかになった.

キーワード：ボーリング　データベース、地下水、砂礫層
Keywords: Borehole Database, goundwater, gravel layer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリングデータを用いた風力発電出力ランプ予測の改良
Improvement of prediction of wind power ramp by using monitoring data

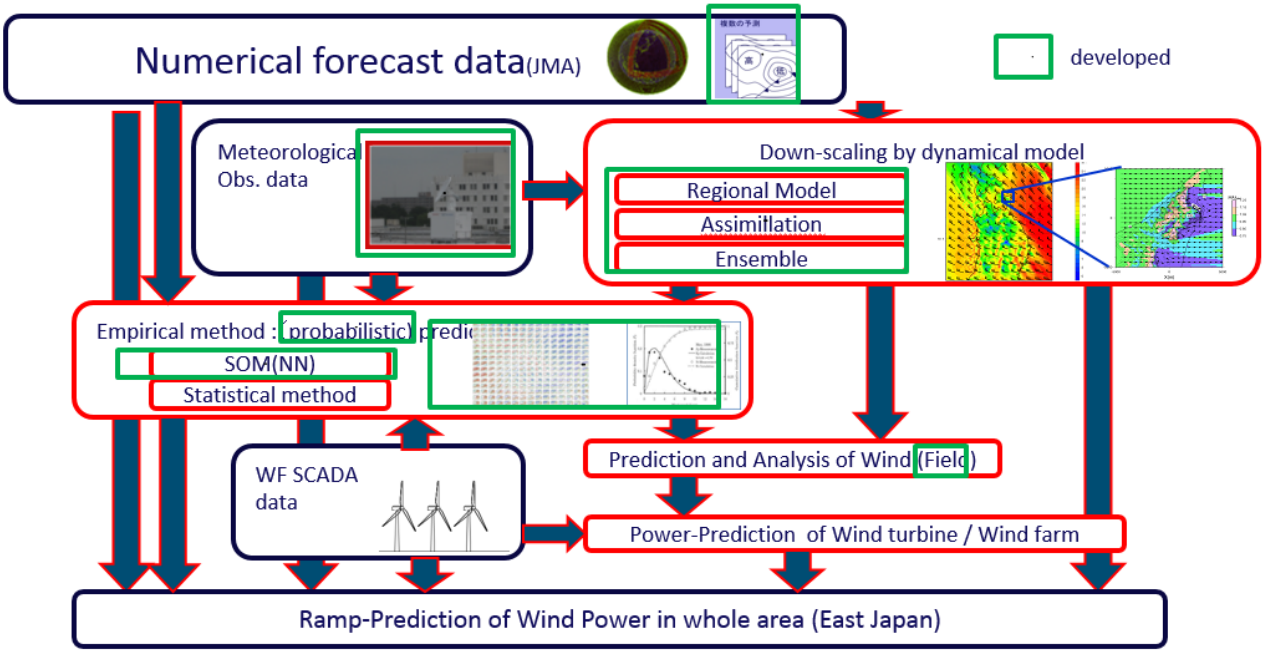
*門倉 真二[1]、野原 大輔[1]、大庭 雅道[1]、橋本 篤[1]、中尾 圭佑[1]、服部 康男[1]、渡邊 武志[1]、平口 博丸[1]
*Shinji Kadokura[1], Daisuke Nohara[1], Masamichi Ohba[1], Atsushi Hashimoto[1], Keisuke Nakao[1], Yasuo Hattori[1], Takeshi Watanabe[1], Hiromaru Hirakuchi[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

世界的に太陽光や風力などの再生可能エネルギーによる発電の導入が進んでいる。これらは、天候による変動が著しいため、電力系統の安定性への懸念がある。そのため、我々は系統安定化に有用と考えられる風力発電出力の予測手法を開発している。本手法では、気象庁から提供される数値予報値(GPV)を気象モデル WRF と局所風況モデルを用いてダウンスケーリングし、風車位置の風速を予測し、さらにパワーカーブを用いて発電出力を予測する。得られた風車毎の発電出力を加えて、エリアの合計出力を得る。

本研究では、風車毎のモニタリングデータを用いて、重回帰に基づく補正と経験的パワーカーブの構築・活用により、風速および発電出力の予測を改良した。さらに、風車毎のデータが取得されない風力サイトについて、逐次的な補正を行うことで、エリア合計出力の精度を改善した。また、出力の変化の振幅を重回帰することで、風力発電急変化現象(ランプ)の補足率を改善した。

キーワード：風力発電出力予測、風力ランプ、風力発電、SCADA、気象予測
Keywords: Wind power output prediction, wind power ramp, wind power generation, SCADA, Weather forecast



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気象データ利用のエネルギー マネージメントへの検討
A study of the use of meteorological data for energy management

*大竹 秀明[1]、大関 崇[1]、井村 順一[2]
*Hideaki Ohtake[1], Takashi Oozeki[1], Junichi Imura[2]

1. 国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター、2. 東京工業大学大学院　情報理工学研究科
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Tokyo institute of technology

Recently, a large amount of photovoltaics (PV) power systems (approximately 45 GW as of June 2018) have been connected to a power grid in Japan. Electric power supply with PV power generation exceed electric power demand in a power grid. For safety control of an energy manage system (EMS) with variable PV power generation, optimal use of other power plants (thermal power plants etc) and battery systems will be required in a future energy network (Fig.1). PV power monitoring and forecasts based on a meteorological data can be useful information for an optimal control of other power systems. In our research group (referred as a HARPS in a JST CREST project), we developed a communication tool between meteorology and EMS research fields. Impacts of meteorological data have been also investigated in an EMS (e.g., optimal control of electrical power systems and battery systems) under large PV installations. Furthermore, real time monitoring of regional PV power estimation have been also tried using a new geostationary satellite, Himawari 8/9. In this presentation, we will introduce research topic of meteorological data in the EMS field.

キーワード：太陽光、エネルギーマネージメントシステム、気象データ
Keywords: photovoltaic, energy manage system, meteorological data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:Nobuhito Ohte(Kyoto University)

現代社会は、自然界に存在するほとんどの元素を利用している。それをもたらす資源の持続的利用と環境に調和した社会の実現が叫ばれて久しいが、環境全体の質的改変に伴う人間圏の生存リスクは複合的に拡大している。そこで、自然環境の各要素や人間のつながりを診断・追跡する手法とその社会での広範な適用が必要になってきた。
　天然物や人工物を構成する各元素は、大気や水、生物などの地球の各圏および人間社会や人体の中に形を変えて移動している。多元素の濃度とその安定同位体比の情報は複雑な物質動態の追跡に有効であり、生態系サービスや大気水循環、生活や健康など人間を対象とする諸研究に利用されている。本セッションでは、その概念を環境トレーサビリティー手法と呼び、その開発とその適用例の情報交換を行う。
　本セッションでは「地球化学」「水文学」「生態学」「地質学」「鉱物学」「人類学」「食品科学（産地判別）」「科学捜査」など、専門的学問領域で活用されている同位体手法を、環境学の研究に利用する「同位体環境学」の視点での発表を歓迎する。特に、「Isoscapes」（面的同位体マップ）を用いた研究発表を期待する。

9:00 ~ 9:15

[HTT18-01] Environmental traceability methodology by multi-isoscapes

*陀安 一郎[1]、藤吉 麗[1]、藪崎 志穂[1]、SHIN Ki-Cheol[1]、中野 孝教[1]、谷口 真人[1] (1.総合地球環境学研究所)

9:15 ~ 9:45

[HTT18-02] Exploring physical and biological connections using isoscapes

★Invited Papers

*Gabriel J Bowen[1] (1.University of Utah)

9:45 ~ 10:00

[HTT18-03] Spatial and temporal variations in stable isotopes and soluble ions on high mountain snow surface of Mt. Tateyama, Toyama Prefecture, Japan

*竹内 望[1]、杉山 涼[1] (1.千葉大学)

10:00 ~ 10:15

[HTT18-04] Using Sr isotopes to determine the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters in a chert watershed.

*越川 昌美[1]、渡邊 未来[1]、村田 智吉[1]、高松 武次郎[1]、三浦 真吾[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中野 孝教[2] (1.独立行政法人国立環境研究所、2.総合地球環境学研究所)

10:15 ~ 10:30

[HTT18-05] Influences of soil dust, sea salt and anthropogenic activities on ionic and Sr isotopic compositions of wet deposition in Iran

*横尾 頼子[1]、浅井 公輔[1]、堀井 彩衣[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3]、申 基澈[4] (1.同志社大学理工学部、2.徳島大学、3.Kurdistan University、4.総合地球環境学研究所)

Environmental traceability methodology by multi-isoscapes

*陀安 一郎[1]、藤吉 麗[1]、藪崎 志穂[1]、SHIN Ki-Cheol[1]、中野 孝教[1]、谷口 真人[1]
*Ichiro Tayasu[1], Lei Fujiyoshi[1], Shiho Yabusaki[1], Ki-Cheol Shin[1], Takanori Nakano[1], Makoto Taniguchi[1]

1. 総合地球環境学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature

Stable isotope ratios of elements, together with the concentrations of elements, can trace a matter flow, the environmental condition of sites, ecosystem structure and food products. Spatio-temporal variation of multiple isotope ratios can be used for studying the earth systems from local to global point of view. By using the traceability function of the multiple isotope ratios, we can conduct research that contributes to solving global environmental problems covering various regions and time scales. Spatio-temporal variation of multiple isotope ratios can be used for studying earth systems, ranging from local to global scales. The information may serve as a key decision- making factor for local people to consider water, food and environmental security, all of which are fundamental for the sustainability of human society.

We are conducting a research for establishing a methodology for how to use the concept of environmental traceability. A combination of quantitative and qualitative tools, including “Multi-Isoscapes” (use of multiple elements and multiple isotope ratios, together with GIS-based mapping technique), social surveys, and workshops, are deployed to investigate the role of environmental traceability in confronting environmental issues. We hypothesize that the role and perception of traceability methods in transdisciplinary processes will differ among stakeholders and that the co-production of “Multi-Isoscapes” can act as an effective “bridging tool” for understanding and explaining variation in local environments. The ultimate objective of this research is to demonstrate the effectiveness of multi-isotopic information in solving global environmental issues. Research is taking place at sites in Ono City, Fukui; Otsuchi Town, Iwate; Saijo City, Ehime; Oshino Village, Yamanashi; the Chikusa river watershed, Hyogo; Lake Biwa and Yasu river watershed in Shiga; and Silang-Santa Rosa sub-watershed in the Philippines.

キーワード：安定同位体、多元素同位体マップ、環境トレーサビリティー
Keywords: Stable isotopes, Milti-isoscapes, Environmental traceability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring physical and biological connections using isoscapes

*Gabriel J Bowen[1]

1. University of Utah

Environmental chemistry data provide a wealth of information on Earth system processes, but perhaps one of the most general and widely useful applications of such data is in to identify within- and between-system connectivity. Chemical signatures have been used to establish hydrological connectivity, identify the provenance of geological materials, artefacts and forensic evidence, and trace the migration of humans and other animals. Particularly useful are spatial and temporal patterns of environmental isotope variation, which are often predictable based on large-scale databases and/or fundamental physio-chemical theory. I will review case studies demonstrating how the resulting quantitative data products, called isoscapes, have led to new advances and applications in fields as diverse as forensic science, water resources research, and aquatic ecology. I will also discuss how community data and computational infrastructure, including the Waterisotopes Database (wiDB; http://waterisotopes.org) and Isoscape Modeling, Analysis and Prediction tool (http://isomap.org) are facilitating and promoting the use of geochemical data in connectivity research and related outreach and education.

Keywords: stable isotopes, traceability, connectivity, water resources, forensics, hydrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial and temporal variations in stable isotopes and soluble ions on high mountain snow surface of Mt. Tateyama, Toyama Prefecture, Japan

*竹内 望[1]、杉山 涼[1]
*Nozomu Takeuchi[1], Ryo Sugiyama[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

A great amount of snow accumulates during winter in mountain regions in Japan due to strong westerly of the Asian monsoon. Snow can preserve various aerosols in the atmosphere, such as sea spay, anthropogenic pollutants, mineral dust, and volcanic substances. Thus, studies of snow chemistry provide a means to understand spatial and seasonal variabilities of aerosols. Furthermore, soluble chemists in snow affect alpine vegetations and also affect microbes growing on snow surface during snow melting season. In this study, we investigated spatial variations in water stable isotopes and major soluble ions on snow surface of high alpine area of Mt. Tateyama (2300 - 2700 m a.s.l.) from spring to summer to understand sources and transportation of aerosols affecting the surface snow chemistry. The soluble ion concentrations in the surface snow are generally higher in April, when the surface snow did not melt yet, than those in May to August, when the snow melted significantly. We found high anomaly in Cl and stable isotope in the area along a small valley, called Raicho-zawa throughout the seasons. They are likely to originate from an active volcanic fumarole, called Jigokudani, located in this area. Results shows that the chemical conditions of the snow surface in this mountain area are mostly influenced by sea spay and anthropogenic pollutants supplied by westerly before melting season, and are also partially influenced by the volcanic fumarole of the mountain throughout the melting seasons.

キーワード：積雪、安定同位体、溶存化学イオン
Keywords: snow, stable isotope, soluble ion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Using Sr isotopes to determine the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters in a chert watershed.

*越川 昌美[1]、渡邊 未来[1]、村田 智吉[1]、高松 武次郎[1]、三浦 真吾[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中野 孝教[2]
*Masami Koshikawa[1], Mirai Watanabe[1], Tomoyoshi Murata[1], Takejiro Takamatsu[1], Shingo Miura[1], Ki-Cheol Shin[2], Takanori Nakano[2]

1. 独立行政法人国立環境研究所、2. 総合地球環境学研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Research Institute for Humanity and Nature

The sources of Ca in forest ecosystems in Japan have been considered to be sea salt, weathering product of bedrock, and weak-acid soluble minerals in Kosa (Asian dust). However, we believe that volcanic ash in soil also plays an important contributor of Ca in areas with volcanic ash soil (e.g., Andosols), especially in the regions where the Ca supply from bedrock is anticipated to be low. We reported the significant contribution of volcanic ash in soil to Ca in stream waters and plants in a granite watershed of Tsukuba area, using stable isotope of Sr, a good proxy of Ca (Koshikawa et al. 2016). To evaluate the contribution of volcanic substances to soil-vegetation-stream systems, we conducted a similar study at the forest on Mount Amamaki where volcanic ash in soil would be more abundant than Tsukuba area and chert with high resistance to chemical weathering are widely distributed. In this presentation, we report the concentrations of Sr and Ca and the isotope ratio of Sr in the 42 stream waters, and those of precipitation, bedrock and volcanic ash which are considered to be the end component, and estimate the contribution of volcanic ash to Sr and Ca in stream waters.

キーワード：火山灰、Sr同位体比、渓流水、Ca供給源、チャート
Keywords: Volcanic ash, Sr isotopes, Stream water, Ca sources, Chert

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influences of soil dust, sea salt and anthropogenic activities on ionic and Sr isotopic compositions of wet deposition in Iran

*横尾 頼子[1]、浅井 公輔[1]、堀井 彩衣[1]、安間 了[2]、Mehrabani Shiva[3]、申 基澈[4]
*Yoriko Yokoo[1], Kosuke Asai[1], Sae Horii[1], Ryo Anma[2], Shiva Mehrabani[3], KiCheol Shin[4]

1. 同志社大学理工学部、2. 徳島大学、3. Kurdistan University、4. 総合地球環境学研究所
1. Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 2. Tokushima University, 3. Kurdistan University, 4. RIHN

We collected monthly wet deposition in four western cities (Hamedan, Ilam, Shiraz and Ahvaz) from January 2014 to May 2017 and in three eastern cities (Mashhad, Birjand and Zahedan) from January 2016 to May 2017 and in Rezvanshahr from May 2016 to May 2017 in Iran, and determined their pH values, electrical conductivity (EC), major ionic concentration (Na^+, Mg^{2+}, K^+, Ca^{2+}, Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-} and HCO_3^-) and Sr isotope ratios ($^{87}Sr/^{86}Sr$) in order to elucidate the influences of soil dust, sea salt and anthropogenic activities on wet deposition chemistry. In no-rainfall months, we rinsed the sampler with ultrapure water and collected it to understand the influence of aerosols. The climate in Iran is semiarid, and the dry and wet seasons are from June to September and from October to May, respectively.
The wet deposition and rinsed water samples in western and eastern Iran were neutral to slightly alkaline ranging from 6.26 to 9.04 and from 6.71 to 11.08 in pH, respectively. Those in Rezvanshahr were neutral to acidic ranging from 3.88 to 7.48 in pH. The ionic compositions of most precipitation samples were enriched in $Ca^{2+}$and HCO_3^-. Although the pH of natural rain in equilibrium state with atmospheric CO_2 is typically 5.6, precipitation in western Iran is not acidic because of neutralization by aeolian minerals such as calcite originating from arid areas. The $^{87}Sr/^{86}Sr$ of samples fell in a narrow range of 0.708±0.001. These values were most likely due to the dissolution of calcite. Small, but detectable seasonal variation was found in the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio that suggests different provenances of calcite/gypsum controlled by changing wind direction.
The ionic compositions of several samples were abundant in NO_3^- and SO_4^{2-} in Hamedan, Ilam, Shiraz and Mashhad. These samples were collected during dry season and wet season immediately after the dry season. These results suggest that the samples dissolved NO_3^- and SO_4^{2-} derived from anthropogenic activities and/or soil dust such as sulfate minerals concentrated in atmosphere during the dry season. The ionic compositions of samples in Ahvaz, Rezvanshahr, Birjand and Zahedan were relatively enriched in Na^+ and Cl^-. Ahvaz and Rezvanshahr are closer to the Persian Gulf and the Caspian Sea, respectively. These indicate that the wet deposition samples in Ahvaz and Rezvanshahr are subject to salt from sea and salt lake.

キーワード：湿性降下物、イオン組成、Sr同位体比、西アジア
Keywords: wet deposition, ionic composition, Sr isotope ratio, West Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:Gabriel Bowen(The University of Utah)

現代社会は、自然界に存在するほとんどの元素を利用している。それをもたらす資源の持続的利用と環境に調和した社会の実現が叫ばれて久しいが、環境全体の質的改変に伴う人間圏の生存リスクは複合的に拡大している。そこで、自然環境の各要素や人間のつながりを診断・追跡する手法とその社会での広範な適用が必要になってきた。
　天然物や人工物を構成する各元素は、大気や水、生物などの地球の各圏および人間社会や人体の中に形を変えて移動している。多元素の濃度とその安定同位体比の情報は複雑な物質動態の追跡に有効であり、生態系サービスや大気水循環、生活や健康など人間を対象とする諸研究に利用されている。本セッションでは、その概念を環境トレーサビリティー手法と呼び、その開発とその適用例の情報交換を行う。
　本セッションでは「地球化学」「水文学」「生態学」「地質学」「鉱物学」「人類学」「食品科学（産地判別）」「科学捜査」など、専門的学問領域で活用されている同位体手法を、環境学の研究に利用する「同位体環境学」の視点での発表を歓迎する。特に、「Isoscapes」（面的同位体マップ）を用いた研究発表を期待する。

10:45 ~ 11:00

[HTT18-06] Long-term increasing trend of line-conditioned excess in groundwater

*勝山 正則[1] (1.京都大学農学研究科)

11:00 ~ 11:15

[HTT18-07] Geochemistry of river water in the Okayama and Tottori Prefectures, Japan

*山下 勝行[1]、亀井 隆博[1]、岸本 悠河[1]、森 雅彦[1]、大井 あや[2]、大西 彩月[2]、栗原 洋子[2]、千葉 仁[1]、中野 孝教[3]、SHIN Ki-Cheol[4] (1.岡山大学大学院自然科学研究科、2.岡山大学理学部、3.大野市、4.総合地球環境学研究所)

11:15 ~ 11:30

[HTT18-08] Study on groundwater flow system at Oshino Village in Yamanashi Prefecture – Report 5. Estimation of the residence time in spring water and groundwater at Oshino Village.

*藪崎 志穂[1]、谷口 真人[1]、陀安 一郎[1]、秋道 智彌[1]、大森 昇[2]、後藤 健[2]、渡邉 宗一郎[2]、渡辺 仁[2] (1.総合地球環境学研究所、2.忍野村役場)

11:30 ~ 11:45

[HTT18-09] The hydrogen and oxygen isotopic compositions of water in the Chikusa River

*大串 健一[1]、藪崎 志穂[2]、陀安 一郎[2]、藤吉 麗[2]、中野 孝教[2]、SHIN Ki-Cheol[2]、横山 正[3]、三橋 弘宗[4]、伊藤 真之[1]、八杉 和輝[1] (1.神戸大学、2.総合地球環境学研究所、3.兵庫県立赤穂特別支援学校、4.兵庫県立大学)

11:45 ~ 12:00

[HTT18-10] Dynamics of sulfate and nitrate inferred from stable isotope techniques in Chikusa river watershed, Hyogo Prefecture

*藤吉 麗[1]、陀安 一郎[1]、藪崎 志穂[1]、原口 岳[1]、由水 千景[1]、大串 健一[2]、古川 文美子[2]、伊藤 真之[2]、山本 雄大[3]、横山 正[4]、三橋 弘宗[5] (1.総合地球環境学研究所、2.神戸大学、3.名古屋大学、4.兵庫県立赤穂特別支援学校、5.兵庫県立大学)

12:00 ~ 12:15

[HTT18-11] Chemistry and sulfur and oxygen isotope ratios of sulfate ion of water soluble component of suspended particulate matter at Okayama city.

*千葉 仁[1]、山本 翼[1] (1.岡山大学自然科学研究科)

Long-term increasing trend of line-conditioned excess in groundwater

*勝山 正則[1]
*Masanori Katsuyama[1]

1. 京都大学農学研究科
1. Graduate School of Agriculture, Kyoto University

The isotope composition in water is commonly used for the analysis of hydrological processes. According to the recently proposed two water world hypothesis, precipitation will separated into two water pools such as the stored portion in soil pore which is much evaporated and used by vegetation, and the rapidly infiltrated portion which is less affected by evaporation and recharge the stored ground- and stream water. The line-conditioned excess (or lc-excess) is an appropriate indicator to find these separation. This method defines the offset between a meteoric water line and each water samples, with a negative value indicate the effect of evaporation. The long-term observation of isotope composition is ongoing at the Kiryu Experimental Watershed (KEW). The isotope composition in the rain water does not have a clear increasing or decreasing trends for the observation period. The long-term trend of the lc-excess was also not found in soil water and shallow groundwater. On the other hand, the increasing trend of the lc-excess was found in deeper groundwater. This fact means that the effects of evaporation on the infiltrating water are decreasing. The d18O in the groundwater was slightly decreasing. If the global warming directly effects on the isotope composition in the groundwater, the d18O may increase. Thus, the decreasing d18O and the increasing lc-excess may be the results of the change of local hydrological processes. Recently, it is reported that the extreme rainfall events are increasing in Japan, including in KEW. Therefore, the trend of lc-excess in groundwater suggest that change of rainfall patterns cause the increase of rapid infiltration and recharge of groundwater body. Moreover, the long-term trend of groundwater isotope composition was observed at five locations, Hokkaido, Toyama, Yamanashi, Tottori, and Miyazaki prefectures in Japan and one location in California, USA using commercially available bottled waters. Within these locations, similar trend as KEW was found at Tottori and California. Although the depth and size of groundwater body and their residence time may effect on the patterns and trends of isotope composition, the results shown here suggest that the importance of the long-term monitoring of the groundwater. The effects of extreme rainfall events and vulnerability of each region should be evaluated based on the intensive observations at highly installed watersheds, as well as the utilization of easily available samples such as bottled waters.

キーワード：地下水、水の安定同位体、天水線、lc-excess、two water world仮説、極端豪雨現象
Keywords: Groundwater, Stable isotope in water, local meteoric water line, line-conditioned excess, two water world hypothesis, extreme events

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemistry of river water in the Okayama and Tottori Prefectures, Japan

*山下 勝行[1]、亀井 隆博[1]、岸本 悠河[1]、森 雅彦[1]、大井 あや[2]、大西 彩月[2]、栗原 洋子[2]、千葉 仁[1]、中野 孝教[3]、SHIN Ki-Cheol[4]
*Katsuyuki Yamashita[1], Takahiro Kamei[1], Yuga Kishimoto[1], Masahiko Mori[1], Aya Ooi[2], Ayaka Onishi[2], Yoko Kurihara[2], Hitoshi CHIBA[1], Takanori Nakano[3], Ki-Cheol Shin[4]

1. 岡山大学大学院自然科学研究科、2. 岡山大学理学部、3. 大野市、4. 総合地球環境学研究所
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 2. Faculty of Science, Okayama University, 3. Ono City, 4. Research Institute for Humanity and Nature

In order to evaluate the effect of water-soil (rock) interaction, as well as human impact on the geochemical nature of river water, we have collected 695 river water samples from 454 locations in the Okayama and Tottori Prefectures, Japan. The area is ideal for such study because (1) the geology of the area is well studied, (2) there is a sharp contrast in the amount of precipitation between the southern Okayama and northern Okayama to Tottori, and (3) the population density is highly variable. We have measured the major dissolved components, trace element concentrations, and O-H isotope ratios for all of the samples, along with Sr and S isotope ratios of the selected samples. Using these data, the high-resolution geochemical maps of the two prefectures were constructed.
Both the oxygen and hydrogen isotope ratios display a clear altitude effect. The d-excess, on the other hand, is high in the northern Okayama and Tottori Prefectures (>20), and gradually decreases towards the southern Okayama (5~15). This pattern can be explained by considering the O-H isotopic signatures of the precipitation (e.g Mao 2017), as well as the difference in the amount of precipitation in the two areas. The concentration of some elements seems to correlate well with the type of rocks exposed in the area. For example, Ca and Sr concentrations are high in the areas where limestones are exposed, whereas Cr and Ni concentrations are generally high in the areas dominated by ultra-mafic rocks. In the Mt. Daisen area of the western Tottori Prefecture where dacitic volcanic rocks are common, the concentration of Si, V, Rb, Cs is high. These observations suggest that the concentration of some elements in the river water is strongly controlled by the geochemistry of rocks exposed in the area. The concentration of some dissolved constituents such as SO_4 and NO_3, on the other hand, seem to correlate well with the population density. This may imply that human activity (industrial and agricultural) is responsible for the elevation of SO_4 and NO_3 concentrations in the river water.

キーワード：河川水、岡山県、鳥取県
Keywords: River water, Okayama Prefecture, Tottori Prefecture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study on groundwater flow system at Oshino Village in Yamanashi Prefecture –Report 5. Estimation of the residence time in spring water and groundwater at Oshino Village.

Study on groundwater flow system at Oshino Village in Yamanashi Prefecture –Report 5. Estimation of the residence time in spring water and groundwater at Oshino Village.

*藪崎 志穂[1]、谷口 真人[1]、陀安 一郎[1]、秋道 智彌[1]、大森 昇[2]、後藤 健[2]、渡邉 宗一郎[2]、渡辺 仁[2]
*Shiho Yabusaki[1], Makoto Taniguchi[1], Ichiro Tayasu[1], Tomoya Akimichi[1], Noboru Ohomori[2], Ken Gotou[2], Souichirou Watanabe[2], Hitoshi Watanabe[2]

1. 総合地球環境学研究所、2. 忍野村役場
1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Oshino Village

Oshino Village is located in southern part of Yamanashi Prefecture, Japan. The elevation is 936 m a.s.l. and the area of village is about 8 km from east to west and about 4 km from north to south. The Oshino Hakkai springs that is registered as World Cultural Heritage Site are located in Oshino Village. It is suggested that the Oshino Hakkai springs are recharged at Mt. Fuji as a result of field observation. The objective in this study to clarify the detailed groundwater flow and residence time of spring water and groundwater in Oshino Village. In this presentation, the authors will report about average residence time of groundwater and spring water.

The water samples for estimating the residence time by using the CFCs and SF_6 have been collected at 2 spring water sites, 1 shallow groundwater site and 11 deep groundwater sites. For ^{3}H analysis, water samples have been collected at 4 spring water sites and 4 deep groundwater sites. In this study, “shallow groundwater” is defined as several meters to some dozen meters depth, and “deep groundwater” is defined as about 100 m to 400 m depth.

As a result of analysis, the average residence time of spring water is about 10 to 26 years, shallow groundwater is about 30 to 40 years and deep groundwater is about 40 to 60 years. In addition, it is estimated that the average residence time of spring water which show the specific water quality ($Na\text{-}SO_4$ type, $\delta^{18}O$ and δD is relatively low) is more than 70 years. We will consider the relation between average residence time and water quality/ stable isotopes in future.

The continuous observation of water temperature and EC at 2 sites of Oshino Hakkai has been implemented since August, 2018. We will continue the field observation of Oshino village at 2019, and estimate the groundwater flow system and residence time more clearly.

キーワード：Oshino Village、groundwater、water quality、stable isotopes、groundwater flow、residence time
Keywords: Oshino Village, groundwater, water quality, stable isotopes, groundwater flow, residence time

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The hydrogen and oxygen isotopic compositions of water in the Chikusa River

*大串 健一[1]、藪崎 志穂[2]、陀安 一郎[2]、藤吉 麗[2]、中野 孝教[2]、SHIN Ki-Cheol[2]、横山 正[3]、三橋 弘宗[4]、伊藤 真之[1]、八杉 和輝[1]
*Ken'ichi Ohkushi[1], Shiho Yabusaki[2], Ichiro Tayasu[2], Lei Fujiyoshi[2], Takanori Nakano[2], Ki-Cheol Shin[2], Tadashi Yokoyama[3], Hiromune Mitsuhashi[4], Masayuki Itoh[1], Kazuki Yasugi[1]

1. 神戸大学、2. 総合地球環境学研究所、3. 兵庫県立赤穂特別支援学校、4. 兵庫県立大学
1. Kobe University, 2. The Research Institute for Humanity and Nature, 3. Ako School for Students with Special Ne, 4. University of Hyogo

Chikusa River is the class B river facing the Seto Inland Sea in southwest Japan. Because of heavy rain, this river sometimes flows over and its basin is damaged, so Hyogo prefecture has carried out river reforming works to improve the capacity of flow until May, 2016. But the works changed the environment of this river, the impact on the quality of river water and the river ecosystem is concerned and we need the basic data of this river to measure this impact scientifically. In this study, we analyzed concentrations of dissolved ion and trace elements, stable isotopic ratio of water (δ2H, δ18O). In addition, we plotted the result of analysis on a basin map with a geographical information system so that the result could be seen easily and we aimed to offer the basic data which was easy to use. Furthermore, we estimated the formation factor of dissolved ion, trace elements and stable isotopic ratio of the river water through a comparison between the result of analysis and the land use, geological features and topography of the basin.
In Chikusa River, Chikusa River Conservation Committee has been holding “The simultaneous survey of water temperature all around Chikusa River” in every August since 2002. In this survey, the committee and many local residents measure water temperature at 94 sites, from headwaters to river-mouth and some tributaries. From 2015, Research Institute for Humanity and Nature, Kobe University and University of Hyogo has joined in this survey and started collecting water samples. In the survey of 2018 (held in August 5, 13:00~16:00), we received the water samples from local residents and we filtered them at once, with cellulose acetate filters whose diameters of holds are 0.2 μm. After filtering, we subdivided the samples into some polyethylene bottles and a glass vial and stored them at 20℃ or -30℃. We analyzed stable isotopic compositions of water. Stable isotopic composition of water was lower in the upstream and higher from the middle reaches to the downstream. From the upstream toward the middle reaches, the ratio became lower as the altitude became higher because of the precipitation affected by the altitude effects. On the other hand, the ratio was higher from the middle reaches to the downstream in spite of the altitude. These areas’ river became shallower and wider in the river reforming works, so the effects of sunlight on the river became big and the evaporation from the surface of river became more active.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dynamics of sulfate and nitrate inferred from stable isotope techniques in Chikusa river watershed, Hyogo Prefecture

*藤吉 麗[1]、陀安 一郎[1]、藪崎 志穂[1]、原口 岳[1]、由水 千景[1]、大串 健一[2]、古川 文美子[2]、伊藤 真之[2]、山本 雄大[3]、横山 正[4]、三橋 弘宗[5]
*Lei Fujiyoshi[1], Ichiro Tayasu[1], Shiho Yabusaki[1], Takashi F Haraguchi[1], Chikage Yoshimizu[1], Ken'ichi Ohkushi[2], Fumiko Furukawa[2], Masayuki Itoh[2], Yudai Yamamoto[3], Tadashi Yokoyama[4], Hiromune Mitsuhashi[5]

1. 総合地球環境学研究所、2. 神戸大学、3. 名古屋大学、4. 兵庫県立赤穂特別支援学校、5. 兵庫県立大学
1. The Research Institute for Humanity and Nature, 2. Kobe University, 3. Nagoya University, 4. Hyogo prefectural Ako School for Students with Special Needs, 5. University of Hyogo

The Chikusa river watershed is located in the southwestern part of Hyogo prefecture. Recent river improvement in the watershed has posed concerns about changes in water quality and river ecosystem. This study aims to clarify the dynamics of dissolved ions especially sulfate and nitrate using stable isotope techniques, and to contribute to the evaluation of water environment in the watershed.

Water samples were collected from headwaters to the river mouth in August (2015, 2016, and 2017) and in February (2018), and measured ion concentrations, sulfur (δ^{34}S) and oxygen (δ^{18}O) stable isotope ratios of sulfate, and nitrogen (δ^{15}N) and oxygen (δ^{18}O) stable isotope ratios of nitrate.

Sulfate concentration was lower upstream and higher downstream in all periods, and the nearest point to the river mouth showed topically high concentration (1156 mgl^{-1}). The δ^{34}S and δ^{18}O values of sulfate suggested that the sulfate was mainly derived from soil sulfate, and the sulfate near the river mouth was derived from the seawater. In contrast, nitrate concentration was higher upstream and lower downstream in August, however the trend reversed in February. The δ^{15}N and δ^{18}O values of nitrate imply that the contribution of primary production and/or denitrification in water caused the reversed trend of nitrate concentration. The spatial distribution of δ^{15}N of nitrate showed a significant correlation with the proportion of fertilized land use (paddy field, farmland, and golf course) in all periods, suggesting an influence of fertilization.

キーワード：硫酸イオン、硝酸イオン、硫黄安定同位体、窒素同位体、酸素安定同位体、兵庫県千種川流域
Keywords: sulfate, nitrate, sulfur stable isotope, nitrogen isotope, oxygen stable isotope, Chikusa River watershed in Hyogo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Chemistry and sulfur and oxygen isotope ratios of sulfate ion of water soluble component of suspended particulate matter at Okayama city.

*千葉 仁[1]、山本 翼[1]
*Hitoshi CHIBA[1], Tsubasa Yamamoto[1]

1. 岡山大学自然科学研究科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

Suspended particulate matters (SPM and PM2.5) have been collected at Okayama University, Okayama city in order to elucidate their chemical nature, origin and relationship with sulfate ion in precipitation. SPM and PM2.5 were sampled once a month and duration of the sampling is 96 hours. Water soluble components of SPM and PM2.5 were extracted ultrasonically. Their chemical compositions were analyzed by ion chromatography and sulfur and oxygen isotope ratios were analyzed by EA-IRMS and TC/EA-IRMS, respectively.

Soluble components of PM and PM2.5 are overwhelmingly composed NH_4^+ and SO_4^{2-}, thus seems to be mainly $(NH_4)_2SO_4$. There is no significant compositional difference in SPM and PM2.5.

Sulfur isotopic ratio of sulfate in water soluble components in SPM and PM2.5 at Okayama city is high in winter and low in other seasons, similar to nss-sulfate in precipitation. However, their sulfur isotope ratios in autumn and winter are 1 to 2‰ higher than those of nss-sulfate in precipitation. High sulfur isotope ratios in winter seem to be affected by sulfur compounds originated from coal combustion in China. However, they are clearly lower than those of sulfate in total suspended particulate matter in Beijing (Han et al., 2016) and indicate that, even in winter, contribution of sulfur originated from coal-combustion in China seems to be small at Okayama city and local source may mainly contribute to sulfate of suspended particulate matter. Furthermore, sulfur isotope ratios of nss-sulfate in PM2.5 at Niigata city (Inomata et al., 2016) agree generally with our data at Okayama city.

Oxygen isotope ratios of soluble components in SPM and PM2.5 seem to be high in winter. Oxygen isotope ratios of nss-sulfate of precipitation is also high in spring. However, the cause of this phenomena is not clear now.

Present data suggests that the direct contribution of trans-border transport of SPM and PM2.5 from China is limited at Okayama city and/or that sulfur and oxygen isotope signatures of sulfate in water soluble components of SPM and PM2.5 are greatly altered during transport from China to Okayama.

キーワード：浮遊性粒子状物質の水溶性成分、岡山、硫酸の硫黄同位体比、硫酸の酸素同位体比
Keywords: Water soluble components of suspended particulate matter, Okayama, Sulfur isotope ratio of sulfate, Oxygen isotope ratio of sulfate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 302 3F

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)、座長:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)

現代社会は、自然界に存在するほとんどの元素を利用している。それをもたらす資源の持続的利用と環境に調和した社会の実現が叫ばれて久しいが、環境全体の質的改変に伴う人間圏の生存リスクは複合的に拡大している。そこで、自然環境の各要素や人間のつながりを診断・追跡する手法とその社会での広範な適用が必要になってきた。
　天然物や人工物を構成する各元素は、大気や水、生物などの地球の各圏および人間社会や人体の中に形を変えて移動している。多元素の濃度とその安定同位体比の情報は複雑な物質動態の追跡に有効であり、生態系サービスや大気水循環、生活や健康など人間を対象とする諸研究に利用されている。本セッションでは、その概念を環境トレーサビリティー手法と呼び、その開発とその適用例の情報交換を行う。
　本セッションでは「地球化学」「水文学」「生態学」「地質学」「鉱物学」「人類学」「食品科学（産地判別）」「科学捜査」など、専門的学問領域で活用されている同位体手法を、環境学の研究に利用する「同位体環境学」の視点での発表を歓迎する。特に、「Isoscapes」（面的同位体マップ）を用いた研究発表を期待する。

13:45 ~ 14:00

[HTT18-12] 登山家動物たちの種子散布は植物が温暖から逃れるのに有効か？

*直江 将司[1]、陀安 一郎[2] (1.国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2.大学共同利用機関法人　人間文化研究機構 総合地球環境学研究所)

14:00 ~ 14:15

[HTT18-13] Spatial distribution of nitrogen stable isotope ratio in deer feces in an agro-environment, Osaka

*原口 岳[1]、幸田 良介[2]、陀安 一郎[1] (1.大学共同利用機関法人　人間文化研究機構　総合地球環境学研究所、2.大阪府立環境農林水産総合研究所)

14:15 ~ 14:30

[HTT18-14] 付着藻類の炭素窒素同位体比からみる富山県東部森林域から河川への栄養塩供給

*張 勁[1]、増田 亮介[1]、片境 紗希[1]、太田 民久[1]、稲村 修[2]、中川 書子[3] (1.富山大学、2.魚津水族館、3.名古屋大学)

14:30 ~ 14:45

[HTT18-15] Investigation on the possibility of the identification of air pollutant sources using stable isotope ratios of lead and strontium

*櫻井 伸治[1]、中桐 貴生[1]、田中 滉介[1]、堀野 治彦[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、陀安 一郎[2]、藪崎 志穂[2] (1.大阪府立大学、2.総合地球環境学研究所)

14:45 ~ 15:00

[HTT18-16] Magnesium and zinc stable isotopes in stream ecology

*Kai Nils Nitzsche[1]、Yoshikazu Kato[1]、Ki-Cheol Shin[1]、Hiromitsu Kamauchi[1]、Ichiro Tayasu[1] (1.Research Institute for Humanity and Nature)

15:00 ~ 15:15

[HTT18-17] A mechanitic metabolic model of nitrogen stable isotope dynamics in trophic processes

*石井 励一郎[1]、相田 真希[2]、和田 英太郎 (1.総合地球環境学研究所、2.海洋研究開発機構)

登山家動物たちの種子散布は植物が温暖から逃れるのに有効か？
Do mountain-climbing mammals protect plants from global warming by their vertical seed dispersal?

*直江 将司[1]、陀安 一郎[2]
*Shoji NAOE[1], Ichiro Tayasu[2]

1. 国立研究開発法人　森林研究・整備機構　森林総合研究所、2. 大学共同利用機関法人　人間文化研究機構 総合地球環境学研究所
1. Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Today, global warming is progressing rapidly, and attention is focused on how trees that make up the forest respond. The easiest and most powerful means for trees to escape from global warming is to move to colder areas, that is, higher altitude or latitude, by seed dispersal. Considering that the temperature drop with increasing altitude is one hundred to a thousand times larger than that of the equivalent latitudinal distance, vertical seed dispersal seems a key process for plant escape from warming temperatures. However, no study has evaluated vertical seed dispersal itself due to technical difficulty or high cost. By using negative correlation between altitudes and oxygen isotope ratio of seeds, we evaluated the vertical seed dispersal of summer-fruiting wild cherry and autumn-fruiting wild kiwi by mammals in central Japan. The results were contrasting: while seeds of cherry were dispersed toward mountain tops (by bear; mean +307.2, marten; +193.0 m), seeds of kiwifruit were dispersed toward the foot of mountains (by bear; -393.1, monkey; -98.5, raccoon dog; +4.5, marten; -226.9 m). These were probably because mammals followed plant phenology in temperate zone which proceeds from the foot to the top of mountains in spring to summer and from the top to the foot in autumn to winter. Downhill seed dispersal will likely lead to a serious population decrease of plants under global warming, because their performance is strongly reduced by novel competitive plants in the lower altitude environment. Considering that many of trees depend on animals and fruit in autumn to winter, forest composition in temperate zone might dramatically change under global warming due to biased vertical seed dispersal by animal.

キーワード：種子散布、温暖化、温帯林、哺乳類、サクラ、サルナシ
Keywords: seed dispersal, global warming, temperate forest, mammal, cherry, kiwi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial distribution of nitrogen stable isotope ratio in deer feces in an agro-environment, Osaka

*原口 岳[1]、幸田 良介[2]、陀安 一郎[1]
*Takashi F Haraguchi[1], Ryosuke Koda[2], Ichiro Tayasu[1]

1. 大学共同利用機関法人　人間文化研究機構　総合地球環境学研究所、2. 大阪府立環境農林水産総合研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. RIEAF, Osaka

A rapid increase in the number of sika deer (*Cervus nippon*) in the last decades aroused needs for quantitatively estimating crop herbivory by them, in order to evaluate how much damage they cause to agriculture. Analysis of ingredients in deer feces using observation under microscopes or molecular techniques is useful to reveal whether they consumed crops. Nevertheless, these techniques in common tend to underestimate crop herbivory, because crops are usually digested more easily than wild plants and less likely to remain in the feces. Measurement of fecal nitrogen stable isotope ratio (fecal δ^{15}N) can be a complement to the molecular technique, considering that application of fertilizer leads to distinctively higher δ^{15}N values of crops than the adjacent wild plants. In our previous study using captive deer individuals, we estimated the fecal δ^{15}N values are 2.0 to 3.5‰ lower than those of deer diets. Based on the test using captive individuals, the uncertainties of the fecal δ^{15}N values associated with the variations in isotopic fractionation were far less than the difference of δ^{15}N values between fertilized crops and wild plants. In this study, for a field validation of the fecal δ^{15}N measurements as an indicator of crop consumption, we examined the spatial distribution of the fecal δ^{15}N, assuming the crop consumption should occur in the individuals of sika deer inhabiting close to cropland.

Deer feces were collected in 80 forested sites in the northern part of Osaka prefecture in the 2014 to 2015 winter period. The fecal samples, which were dried at 60℃, ground, and homogenized for each of the fecal mass, were used for δ^{15}N measurements. Based on GPS telemetry of sika deer in the region (Ishizuka et al., 2007), we assumed that short-time moving range of sika deer is around 500 m in radius and the accessibility of crops for the deer is reflected by surrounding land use within the distance from sampling points. Land use surrounding sampling points were categorized into four components; forest, crop field, herbal vegetation, residential area and area of each component were calculated. Land use data are obtained from MoE National Surveys on the Natural Environment and area (m^2) of the surrounding sampling points. We conducted Spatial AutoRegressive model (SAR) and PCNM-RDA analyses to analyze the effects of surrounding areas of these landscape components on the fecal δ^{15}N values and concentrations of nitrogen in the feces.

The surrounding area of crop field was selected as a single variable to explain the fecal δ^{15}N values, and the positive correlation between the fecal δ^{15}N values and crop field area indicated the availability of crop to deer was a factor of the increase in the fecal δ^{15}N values. Based on the result, this study supported our hypothesis that fecal δ^{15}N values are an effective indicator of crop consumption by sika deer. In our presentation, we will further discuss about the relationships among concentration of nitrogen in the feces, which is known as an indicator of nutritional status of the defecated individual, estimated deer population density, and land use to elucidate factors inducing crop consuming behavior of sika deer.

キーワード：鳥獣管理、空間解析、バイオロギング
Keywords: wildlife control, spatial analysis, biologging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

付着藻類の炭素窒素同位体比からみる富山県東部森林域から河川への栄養塩供給

Nutrient supply from forest to river in eastern Toyama: carbon and nitrogen isotopic composition of Epilithic Organic Matter

*張 勁[1]、増田 亮介[1]、片境 紗希[1]、太田 民久[1]、稲村 修[2]、中川 書子[3]
*JING ZHANG[1], Ryosuke Masuda[1], SAKI KATAZAKAI[1], Tamihisa Ohta[1], OSAMU INAMURA[2], Fumiko Nakagawa[3]

1. 富山大学、2. 魚津水族館、3. 名古屋大学
1. University of Toyama, 2. Uozu Aquarium, 3. Nagoya University

森林域から河川への栄養塩供給を明らかにするため、人為的影響が少ない富山県東部の河川上流部に着目して研究を行った。試料は河川水と付着藻類を用い、水の主要化学成分濃度、水素・酸素安定同位体比、付着藻類の炭素・窒素安定同位体比を測定し、その結果とGISで得られた地形データや植生図等を合わせて解析した。結果は下記のとおりである。

1）河川水の酸素・水素安定同位体比から、河川水は夏季と冬季の降水標高300～2000mの山間の涵養域で、良く混合して形成されていた。
2）10月の付着藻類のδ13CとCa、HCO3濃度の間に相関関係があり、Caは炭酸塩鉱物（CaCO3）の風化によって河川へ供給されることと分かった。また、Ca、Na、K、Mg濃度は針葉樹割合と有意な正の相関関係を示し、降水が森林域を通過して付加され、河川水ではCaで200倍、Naで6倍、Kで8倍、Mgで10倍程度になった。
3）河川水の硝酸濃度と常緑樹割合に負の相関関係があり、硝酸態の酸素安定同位体比（Δ17O）から河川水中の硝酸の9割以上が森林由来であることから、降水中の硝酸の多くは森林内でトラップされ、再利用されたのちに河川へ流出していると考えられた。
4）河川水中の硝酸を利用して数日～数週間の窒素供給情報を”記録する”可能性がある付着藻類のδ15Nは、標高1500mを境に異なる傾向を示し、集水域内の植生による影響を受けている可能性が考えられた。また、そのδ15Nは涵養域内の常緑樹割合と正の相関関係が認められ、植生は河川への硝酸流出に影響があると示唆された。

キーワード：付着藻類、炭素窒素同位体比、栄養塩供給、森林域、富山県東部
Keywords: Epilithic Organic Matter, carbon and nitrogen isotopic composition, nutrient supply, forest area, eastern Toyama

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation on the possibility of the identification of air pollutant sources using stable isotope ratios of lead and strontium

*櫻井 伸治[1]、中桐 貴生[1]、田中 滉介[1]、堀野 治彦[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、陀安 一郎[2]、藪崎 志穂[2]
*Shinji Sakurai[1], Takao Nakagiri[1], Kosuke Tanaka[1], Haruhiko Horino[1], Ki-Cheol Shin[2], Ichiro Tayasu[2], Shiho Yabusaki[2]

1. 大阪府立大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Osaka Prefecture University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

In Japan, transboundary air pollution coming from neighboring countries is concerned as one of the serious threads on the health. However, it is not easy to assess the actual impact because of difficulty to identifying the detailed transport path and the source of pollutants. Although it is expected that stable isotope ratios (hereafter, isotope ratios) of lead (Pb) and strontium (Sr) can be used as environment tracers to identify the pollutant source, even the basic information on their characteristics such as chronological and/or seasonal variations at resolution of rainfall event as well as the relationship between the ratios and other water quality parameters is still not enough to consider the possibility.
In our study, rainwater was collected in a polyethylene bottle, on the top of which a polypropylene funnel was set, separately in every rainfall event from June 2016 to August 2018 at the campus of Osaka Prefecture University in Sakai, Osaka, Japan. The isotope ratios of Pb and Sr ($^{207}Pb/^{206}Pb$, $^{208}Pb/^{206}Pb$, and $^{87}Sr/^{86}Sr$) in the rainwater samples were measured using a multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometer. Concentrations of heavy metals (Fe, Mn, Cd, Cu, Ni, and Pb), inorganic ions, pH, EC, TOC, COD, T-N, and T-P were measured as water quality parameters. Rainfall amount was measured with a rain gauge set near the rainwater sampling point. Other meteorological data needed to investigate and estimate the pollutant sources, such as air temperature, wind direction, and duration of drought, were obtained from the Japan Meteorological Agency.
There was no obvious trend either chronologically or seasonally for $^{207}Pb/^{206}Pb$ or $^{87}Sr/^{86}Sr$. The values of the $^{207}Pb/^{206}Pb$ ratio declined slightly during the observation period, but the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio did not show this chronological variation.
There was no obvious correspondence between most of water quality parameters and each isotope ratio. The $^{207}Pb/^{206}Pb$ varied widely during events in which Cr and Fe concentrations were low, but was close to 0.871 as the concentrations of these metals were getting higher. There is similar tendency in $^{87}Sr/^{86}Sr$ for Fe and Cr. It was suggested that these metals might be derived from the same source.
For correspondence with meteorological factors, the monthly rainfall amount weighted average of $^{207}Pb/^{206}Pb$ fluctuated when the wind from the west or the west-southwest was dominant, while it took almost a unique value for the south-southwest. It was suggested that Pb was originated from various sources with the west wind.
Plots of the obtained data on the $^{207}Pb/^{206}Pb$ vs. $^{208}Pb/^{206}Pb$ were distributed upside and parallel to the lead isotope growth curve. When comparing our plots with the previous global studies, we found that ours were distributed in a manner similar to those from China and Russia. It was indicated that it is difficult to identify pollutant sources from these countries, which are thought to cause transboundary pollution in Japan.
Further research, including the collection of data on isotope ratios as environmental tracers, is necessary to identify pollutant sources using isotope ratio of Pb and/or Sr.

キーワード：安定同位体比、大気汚染、重金属、鉛、ストロンチウム、雨水

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: stable isotope ratio, air pollution, heavy metal, lead, strontium, rainwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magnesium and zinc stable isotopes in stream ecology

*Kai Nils Nitzsche[1], Yoshikazu Kato[1], Ki-Cheol Shin[1], Hiromitsu Kamauchi[1], Ichiro Tayasu[1]

1. Research Institute for Humanity and Nature

Magnesium (Mg) and zinc (Zn) play important roles in biological production in stream ecosystems. Aquatic organisms take up metals from the diet and the water; however, relative contributions are largely unknown, which is assumed to depend on feeding habits. We determined Mg and Zn stable isotope ratios (δ^{26}Mg, δ^{66}Zn) of aquatic macroinvertebrates and of small goby, and their potential Mg and Zn sources (periphyton, plant litter, stream water) from upper and lower reaches of two temperate streams in the Lake Biwa catchment. Our goal was to understand Mg and Zn sources to aquatic organisms, and to explore δ^{26}Mg and δ^{66}Zn variations across feeding habits. δ^{26}Mg and δ^{66}Zn did not correlate with each other indicating that Mg and Zn sources differ across functional feeding groups and/or different degrees of isotopic fractionation during Mg and Zn uptake. Grazers, shredders and predators showed offsets to higher δ^{26}Mg values compared to metal sources indicating isotope fractionation during Mg accumulation, while stream water was the main Mg source to filter-feeders. In contrast, δ^{66}Zn of grazers and filter-feeders indicated Zn was often a mixture between periphyton and stream water, while δ^{66}Zn of shredders and predators gave evidence for Zn isotopic fractionation. Our results demonstrate the usefulness of applying non-traditional isotopes to understand metal sources to aquatic organisms, which could be used to trace the ultimate origin of metals from the catchment.

Keywords: Aquatic animals, Stream food web, Magnesium, Zinc, Non-traditional isotopes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A mechanitic metabolic model of nitrogen stable isotope dynamics in trophic processes

*石井 励一郎[1]、相田 真希[2]、和田 英太郎
*Reiichiro Ishii[1], Maki Noguchi Aita[2], Eitaro Wada

1. 総合地球環境学研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Research Institute for Humanity and Nature, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Stable isotope analysis of nitrogen and carbon have been a powerful tool used for identifying trophic structure of ecosystems. Our previous studies suggested that the ratios of trophic fractionation of carbon and nitrogen isotopes ($Dd^{15}N/Dd^{13}C$) throughout food chain are similar in various ecosystems (Aita et al. 2011, Wada et al. 2013), although the general mechanisms determining isotopic incorporation rates and discrimination factors are not understood mechanistically yet. On the other hand, recent studies revealed the 15N enrichment factor for trophic processes varies among amino acids from which new method of estimation of the trophic level of animal samples (e.g., Chikaraishi et al. 2009).
Based on these observations, we developed a simple dynamic model of the isotopic fractionation in nitrogen metabolic processes that are common to animals composing most grazing food chains. Particularly, we focused on and incorporated the transamination and deamination processes of two classes of amino acid, essential and non-essential, respectively into the model. With this model we investigated how d15N signatures of the two amino acid classes and whole-body change. Preliminary result suggests that the instant isotopic composition of animals are sensitive to the change of their diet composition and growth rate, but on the other hand, the isotopic composition converges as the integrating period becomes long. Based on this model we will discuss possible negative feedback processes in isotopic enrichment for nitrogen to explain the commonly observed trophic-step 15N-enrichment factor through many food chains.

キーワード：代謝モデル、窒素安定同位体、生態学的条件
Keywords: metabolic model, nitrogen stable isotope, ecological conditions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_13

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)

現代社会は、自然界に存在するほとんどの元素を利用している。それをもたらす資源の持続的利用と環境に調和した社会の実現が叫ばれて久しいが、環境全体の質的改変に伴う人間圏の生存リスクは複合的に拡大している。そこで、自然環境の各要素や人間のつながりを診断・追跡する手法とその社会での広範な適用が必要になってきた。
　天然物や人工物を構成する各元素は、大気や水、生物などの地球の各圏および人間社会や人体の中に形を変えて移動している。多元素の濃度とその安定同位体比の情報は複雑な物質動態の追跡に有効であり、生態系サービスや大気水循環、生活や健康など人間を対象とする諸研究に利用されている。本セッションでは、その概念を環境トレーサビリティー手法と呼び、その開発とその適用例の情報交換を行う。
　本セッションでは「地球化学」「水文学」「生態学」「地質学」「鉱物学」「人類学」「食品科学（産地判別）」「科学捜査」など、専門的学問領域で活用されている同位体手法を、環境学の研究に利用する「同位体環境学」の視点での発表を歓迎する。特に、「Isoscapes」（面的同位体マップ）を用いた研究発表を期待する。

[HTT18-P01] **Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa**

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3] (1.滋賀県立大学　環境科学部、2.京都大学生態学研究センター、3.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[HTT18-P02] Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2] (1.総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2.地球科学研究所)

[HTT18-P03] 河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P04] 降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P05] Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4] (1.愛媛大学大学院連合農学研究科、2.西条市、3.総合地球環境学研究所、4.香川大学農学部)

[HTT18-P06] 窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4] (1.山梨大学大学院、2.流域環境科学特別教育プログラム、3.国際流域環境研究センター、4.滋賀県立大学　環境科学部)

[HTT18-P07] Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P08] 石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.岐阜大学教育学部、3.東北大学大学院理学研究科、4.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P09] Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1] (1.アジア大気汚染研究センター)

[HTT18-P10] Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2] (1.東海大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P11] 環境標準物質の亜鉛安定同位体分析

*SHIN Ki-Cheol[1] (1.総合地球環境学研究所)

Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3]
*Takaaki Ishibashi[1], Ken'ichi Osaka[1], Keisuke Koba[2], Takashi Nakamura[3], Kei Nishida[3]

1. 滋賀県立大学　環境科学部、2. 京都大学生態学研究センター、3. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター
1. Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, 2. Center for Ecological Research, Kyoto University, 3. International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

To clarify nitrogen dynamics in Lake Biwa, we measured the concentrations of nitrogen compounds and their nitrogen stable isotopic ratios in 14 depths in north basin of Lake Biwa. In the lake, particulate nitrogen (PN), such as phytoplankton, is generally decomposed to dissolved nitrogen (DN); in order of dissolved organic nitrogen (DON), ammonia nitrogen (NH_4^+) and nitrate nitrogen (NO_3^-). These dissolved nitrogen compounds are taken up by phytoplankton again, and the nitrogen circulation in the lake is established. To predict the water quality in future, it is necessary to understand the nitrogen cycle in the lake, as well as nutrient load to the lake.

In this study, we collected lake water sample at 14 depths in north basin of Lake Biwa (water depth is 90 m) in 1-2 months interval. The lake waster sample was analyzed for the concentration of PN, PC, DN, NO_3^-, NO_2^- and NH_4^+, $d^{15}N$ of PN, DN and NO_3^-.

NO_3^- concentration was lower in the surface layer (0-20m), and higher in the deep layer (20-90m) during the stratification period, whereas NO_3^- concentration was constant in all layers during the circulation period. PN concentration also increased in the surface layer from April to June, decreased sharply in July. These indicate that phytoplankton which grew on the surface layer from April to June used NO_3^-, thereafter, NO_3^- was depleted after June, then, phytoplankton decreased after July respectively. On the other hand, NO_3^- concentration is considered to be increased by decomposition of the precipitated PN from surface layer. It is considered that the NO_3^- concentration became constant in all layers because of mixing of deep layer and the surface layer.

The weighted average $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ in the unit water columns decreased about 3‰ in the circulation period, in the circulation period, then, increased during the stratification period. The decrease of $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ at the water column during circulation period can not be explained by mixing of deep layer and the surface layer. We will discuss the mechanisms of $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ decrease during circulation period in the presentation.

キーワード：窒素動態、窒素安定同位体、季節変動
Keywords: nitrogen dynamics, nitrogen isotope, seasonality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2]
*Shiho Yabusaki[1], Kazuyoshi Asai[2]

1. 総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2. 地球科学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature・Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, 2. Geo Science Laboratory

After the Great East Japan Earthquake occurred, the investigation near the coast area in northern part of Fukushima prefecture has been carried out to clarify the groundwater flow and residence time in this area. The measuring of EC, pH, water temperature, ORP and sampling of groundwater, spring water and river water have been carried out several times at Shinchi town, Soma city, Minamisoma city, Namie town, Okuma town, Iitate village and Date city since September in 2012. The inorganic ions, stable isotopes of oxygen and hydrogen, trace elements were analyzed for all samples by using the IC (ICS-3000), CRDS (Picarro L2130-i) and ICP-MS (Agilent 7500cx). For estimating the residence time, tritium concentration, CFCs and SF_6 measurements were made in several samples.

The water quality of river water and shallow groundwater indicates mainly Ca-HCO_3 type. In the part of the flooded area by a tsunami, the water quality of shallow groundwater and spring water is Na-Cl type. The Ca-SO_4 type and mixed type were also confirmed in some sites. In the case of deep groundwater, the water quality shows the Na-HCO_3 type and Ca-HCO_3 type. The concentration of Fe, Mn and Al were relatively high in some parts of deep groundwater. It is considered that the origin of these trace elements is soil.

The stable isotopes of oxygen and hydrogen ($\delta^{18}O$ and δD) in river water of Niida river, Mano river and Kamimano river indicate altitude effect. Because the stable isotopes in deep groundwater is relatively low, it is anticipated the recharge are of deep groundwater is about 300 m higher than that of shallow groundwater. It is expected that the recharge area of deep groundwater is around the Abukuma Mountains.

The average residence time of deep groundwater and spring water which indicate the Na-HCO_3 type is about 60 to 70 years. On the other hand, the average residence time of shallow groundwater which indicate the Ca-HCO_3 type is less than 10 years.

The information of groundwater flow is useful for considering the groundwater use with revival of the coastal area. We will continue the investigation of coastal area and make clear the groundwater flow system.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：Minamisoma city, Fukushima prefecture、CFCs・SF6、residence time、water quality、stable isotopes、groundwater flow
Keywords: Minamisoma city, Fukushima prefecture, CFCs・SF6, residence time, water quality, stable isotopes, groundwater flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価
Applicability evaluation of CIA due to river and lake

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1]
*yusuke hataya[1], SEIKI KAWAGOE[1], Shiho Yabusaki[2], KEN Suzuki[1]

1. 福島大学、2. 総合地球環境学研究所
1. fukushima university, 2. Research Institute for Humanity and Nature

気候変動に伴う気象事象の変化が予測され，水資源の管理には一層の留意が必要となる．しかしながら，水域は多様な地域特性に応じた固有性を有する．そのため，管理も普遍的な方法が効果を発揮できるとは限らない．流域としての個性を判別できるツールを開発すれば，最適な管理手法を選択できる可能性をもつ．本研究では，河川と貯水池(人工湖沼)を対象に性質の異なる流域の特徴を求めて比較検討した．特に，この検討中で化学的な指標より流域の特徴を示すことの適用性を評価した．地理的情報として，数値地理データによる地質，表層土壌，土地被覆の上流域の情報を取得した．化学的情報として，対象地域の各地点で試料をサンプリングして，水質を分析した．水質として，イオン組成と微量元素の情報を取得し，流域の特徴を同定した．この同定で用いたものがCIAである．結果として，湖沼と河川のCIAを適用できる流域規模を把握することができた．

キーワード：化学的風化指数、水資源、数値地理情報
Keywords: CIA, water resource, Numerical geographic information

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析
Chemical property analysis of short time scale to determine snowfall source

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2]
*Suzuki hiromichi[1], SEIKI KAWAGOE[1], SHO ADACHI[1], Shiho Yabusaki[2]

1. 福島大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukushima University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

気候変動により現状と異なる気象事象の発生が予測される．この影響を求めるため，将来の予測精度を高める取り組みを進めなければならない．また，現状の現象を緻密に特徴付ける必要もある．以上を踏まえて，雪環境を対象に現況の特徴を化学的に導出することを試みている．水資源への積雪依存度の高い阿賀野川を中心にイオン組成と濃度特性，安定同位体比より降雪起源の特定に向けた解析を進めた．既に本研究は2014年より継続して実施しており，阿賀野川では流域の上流域で日本海起源以外の降雪起源が存在することを明らかにしている．特に，流域北部の上流域の猪苗代湖北側は地域固有の降雪起源を示唆する化学特徴を示した(鈴木ら，2018)．この結果をふまえて，現在は短時間スケールの降雪現象の化学特性を把握するための調査解析に取り組んでいる（2016～2018）．流域の上流域に位置する福島，桧原，米沢で降雪時にサンプリングを行い，各日で取得した試料を化学分析することで，短時間スケールの降雪起源を追跡することを試みた．

本研究の結果をまとめると，2018年1月22～25日は南高東低と強力な西高東低の気圧配置が認められ，分析結果より得られる結果も気象状況に敏感に反応し，3地点で特徴的な降雪起源の影響が認められた．空間的なタイムラグの差異が明らかにされた．

キーワード：d-excess値、同位体、短時間スケール
Keywords: d-excess value, isotope, short time scale

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4]
*Minoru TOKUMASU[1,2], Ki-Cheol SHIN[3], Yoshihiro YAMADA[4]

1. 愛媛大学大学院連合農学研究科、2. 西条市、3. 総合地球環境学研究所、4. 香川大学農学部
1. The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, 2. Saijo City, 3. The Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) , 4. Kagawa University, Faculty of Agriculture

1. Introduction

The flow of river water in many medium and small rivers is managed for water use and flood control. However, it is almost impossible to understand how the water taken from the rivers circulates throughout a basin. The source of water in the Saijo Plain in Ehime Prefecture is from the Kamo River surface water flow, shallow groundwater (unconfined ground water), and deep groundwater (confined ground water). Therefore, it is necessary to quantitatively clarify the source of water for sustainable water use. In this study, we tried to quantify the origin of river water in the plain based on the concentration of some chemical elements. In particular, antimony (Sb) was used as the main trace element because of large differences in its concentration between the water sources.

2. Materials and Methods

On November 25 and 26, 2017, during the non-irrigation period and on the 27th and 28th of July, 2018, during the irrigation period, surface water was collected at a total of 43 sites on small and medium rivers and waterways in the Saijo Plain. Multi-element analysis was carried out on the collected water using ICP-MS 7500 cx.

3. Results and Discussion

There was a large difference in the concentration of Sb among the sites. The highest concentration was found in the water from the Ichino River (Stn. 2) at 113 (2017) and 158 μg/L (2018). There was once an antimony mine in the Ichino River basin, so high concentrations of the element in the river water can be regarded as reflecting the influence of the geology. In the main stream of the Kamo River before joining the Ichinose River (Stn. 1), the Sb concentration was as low as 0.2 μg/L, and after the junction of the two rivers (Stn. 3), the concentration increased to 4.3 (2017) and 7.2 μg/L (2018). The concentration was 4.2 (2017) and 7.2 μg/L (2018) at Stn. 4 of the Kamo River, 11.6 (2017) and 11.7 μg/L (2018) in the unconfined ground water (average of Stns. 13, 14, 15), and 0.4 (2017) and 0.5 μg/L (2018) in the confined ground water (average of Stns. 28, 29, 40, 41, 43). The concentration of Si was 2.7 (2017) and 3.2 mg/L (2018) at Stn. 4 of the Kamo River, 3.4 (2017) and 2.9 mg/L (2018) in the unconfined ground water (average of Stns. 13, 14, 15), and 4.1 (2017) and 3.9 mg/L (2018) in the confined ground water (average of Stns. 28, 29, 40, 41, 43).
The ratio of water origin at each survey site was estimated using the above three sources as end members.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In the upstream area, the irrigation water taken from the Kamo River occupied most of the surface water. In the middlestream area, the ratio of water taken from the rivers was smaller, and the contribution of unconfined ground water exceeded 80%. In the downstream area, the confined ground water contribution exceeded 40% at many sites. In the Saijo Plain, the water origins are different in the upstream, middlestream, and downstream areas, where the contribution of irrigation water is small overall, and the contribution of the confined ground water is large.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

Basic kinetic study on stable isotope ratios of nitrogen compounds: a case study for groundwater in the Kathmandu Valley, Nepal

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4]
*Ken Yokozawa[1,2], Kei Nishida[1,3], Takashi Nakamura[1,3], Ken'ichi Osaka[4]

1. 山梨大学大学院、2. 流域環境科学特別教育プログラム、3. 国際流域環境研究センター、4. 滋賀県立大学　環境科学部
1. University of Yamanashi, 2. Special Graduate Program on River Basin Environmental Science,, 3. ICRE, 4. Department of ecosystem study Univercity of Shiga prefecture

人口増加に伴い水需要が増加している途上国地域では、地下水は貴重な水源であるにも関わらず、工業廃水や生活排水、農業活動による窒素汚染が進行している。地下環境では流動や微生物代謝によって窒素化合物の形態や濃度が変化しているため、汚染源の特定が難しくなることは珍しくない。これらの変化を詳細に調べる有効な手段として、安定同位体比を用いた解析が利用されている。しかし、この値自体も環境条件に大きく影響されるため、その理論的な裏付けに関する知見の蓄積が必要とされている。そこで本研究では、ネパールのカトマンズ盆地における地下水汚染を例に、安定同位体比を決定する要因を混合現象と分別現象に分けて定量的に整理・説明することを目的とした。

解析に使用したデータは、2014年9月から2018年8月までに行われたカトマンズ盆地の井戸水調査で取得した。硝酸の窒素と酸素の安定同位体比に基づいて、汚染様式を大まかに類型化した。次に、硝酸態窒素の安定同位体比に対して希釈曲線と脱窒曲線を作成し、脱窒曲線近傍のサンプルの空間分布を地図上で確認した。最後に、系内で反応物は十分かつ均質に存在すると仮定し、既報の理論を基に、硝酸と水の酸素安定同位体比について硝化と脱窒を組み合わせた動力学的分別モデルを作成した。そして、実測値を説明できるように複数のモデルパラメータを調整することで、各プロセスが硝酸の酸素安定同位体比に与える影響度を確認した。

解析の結果、硝酸については大気汚染起源が雨水と共に浸透していると思われる地点が確認された。また、脱窒が進行している傾向も確認され、その進行及び発生はカトマンズ盆地全域に及んでいた。さらに、各プロセスにおける同位体分別の大きさは地点および時期で差が見られ、これにはアンモニア酸化、亜硝酸還元、および亜硝酸と水の酸素交換が特に影響していることを示した。

キーワード：地下水、窒素・酸素安定同位体比、硝化、脱窒、混合、分別
Keywords: groundwater , nitrogen and oxygen stable isotope ratios, nitrification, denitrification, mixing, fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1]
*Takafumi Kamitani[1], Ki-Cheol Shin[2], Sachiko Nakamura[1], Rika Koda[1], Tomoya Oka[1], Noriaki Fushimi[1], Yasuhide Muranaka[1]

1. 静岡県環境衛生科学研究所、2. 総合地球環境学研究所
1. Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Originally, the use of strontium isotope ratios ($^{87}Sr/^{86}Sr$) was restricted to geology and petrology, but they have been used as a particularly effective tracer of geographical food origin, as plants reflect the strontium isotope composition of the regionally based rock, soil, and water. This study aims to evaluate the usefulness of $^{87}Sr/^{86}Sr$ for determining the geographical origin of wasabi (Japanese horseradish) and potato, which are specialty crops in Shizuoka Prefecture, Japan.

Wasabi is cultivated in springs and streams located at the top of rivers, where dissolved element and isotopic compositions in water would reflect the geological characteristics without the effects of atmospheric deposition and human activity. We collected wasabi and water samples from 40 locations of major production areas in Japan: Shizuoka, Iwate, Nagano, Tokyo, and Shimane. These samples were subjected to trace elements and $^{87}Sr/^{86}Sr$ analyses. The $^{87}Sr/^{86}Sr$ values differed, based on the geological characteristics of their site locations, and the value of wasabi was well accorded with that of water in the same location. The wasabi samples collected from Izu Peninsula and Mt. Fuji regions in Shizuoka, where young volcanic rocks such as Quaternary basalts are distributed, had low $^{87}Sr/^{86}Sr$ (below 0.7040), whereas those from Nagano and Tokyo, where older rocks such as Mesozoic granites and accretionary complex are distributed, showed higher ratios (over 0.7095). We conclude that $^{87}Sr/^{86}Sr$ value of wasabi allowed us to distinguish the production area clearly.

On the other hand, the $^{87}Sr/^{86}Sr$ values of crops cultivated in the field are considered to be partly affected by precipitation and fertilizer. Therefore we conducted field survey and planter test for potato in Shizuoka. Field survey was conducted at Mishima, in eastern part of Shizuoka prefecture, and at Mikatahara, in western part of it, and $^{87}Sr/^{86}Sr$ of potato and soil exchangeable fraction were compared. As a result, there was a correlation between potato and soil in $^{87}Sr/^{86}Sr$, although the effects of precipitation and fertilizer were observed. The planter test suggests that the influence of fertilizer on $^{87}Sr/^{86}Sr$ varies depending on the amount of exchangeable Sr contained in the original soil.

キーワード：産地判別、ストロンチウム安定同位体比、ワサビ、バレイショ、静岡
Keywords: geographical origin, strontium isotope ratio, wasabi, potato, Shizuoka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元
Reconstruction of sea surface temperature and salinity for the Medieval Climatic Anomaly using a long-lived fossil coral collected at Ishigaki Island, southwestern Japan

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4]
*Osamu Abe[1], Maki Morimoto[2], Ryuji Asami[3], Takeshi Nakatsuka[1,4]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 岐阜大学教育学部、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 総合地球環境学研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. School of Education, Gifu University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Research Institute for Humanity and Nature

西暦950～1250年は中世気候異常期（MCA）と呼ばれ(Masson-Delmotte et al., 2013)、世界的に温暖な時期と考えられている(Bradley et al., 2003)。特にMCAの開始時期である10世紀後半に大きな気候の変化があったことが、多くの復元記録から示されている。Mann et al. (2009)は10世紀後半に見られる北半球平均気温の上昇と北半球亜寒帯域の海面水温の上昇時期が一致することを見出した。Yan et al. (2011)は西暦1000年頃に、それまでのラニーニャ的気象場からエルニーニョ的気象場へとシフトしたことを示した。東アジアにおいては、Zhang et al. (2008)やGe et al. (2013)らが10世紀後半に夏季モンスーンの活動が活発化し、温暖で湿潤な環境へと変化したことを示した。一方で、Lie et al. (2014)は西暦1000年から1100年にかけて東アジア夏季モンスーンが弱体化したことを示した。また、MCA期に中国南部は乾燥気候であったことを示す報告も存在する（Chen et al., 2015)。

これらの結果は、いずれも西暦1000年前後を境に気候が大きく変化したことを示しているものの、ほとんどを現存する陸上記録に頼っており、海洋の、高時間分解能連続記録はほとんど存在しない。

そこで、本研究では、琉球列島南西部に位置する石垣島南岸の登野城サンゴ礁に埋没していた、体高約5mの化石ハマサンゴ試料を採取し、およそ一か月平均の時間分解能で、約300年間の海水温と海洋塩分の復元を行った。最新部のU/Th年代測定と年輪計数より、MCAの大部分を含む、西暦845～1130年の間生息していたことが明らかとなったサンゴ年輪について、骨格炭酸塩のSr/Caおよび酸素同位体比をそれぞれ約4000試料の分析を実施した。石垣島の現生サンゴ記録、観測水温、観測塩分および海水の酸素同位体比からSr/Caと海水温の関係式、酸素同位体と海水温および海水酸素同位体比の関係式を構築し、Abe et al. (2009)によって得られた海水酸素同位体比と塩分の関係式を用いて、得られた化石サンゴのSr/Caおよび酸素同位体比から9～12世紀の水温と塩分を復元した。

その結果、水温は期間全体を通して、夏季は現代よりも約2℃低く、冬季は現代よりも約1℃高いことがわかった。

また、西暦1040年を境に明瞭に上昇したことがわかった。その上昇量は年平均で0.9℃、夏季平均で0.7℃、冬季平均で約1.1℃であった。また、塩分も西暦990年を境に有意に上昇したことが明らかとなり、その上昇量は年平均、夏季平均、冬季平均いずれも0.8であった。塩分は期間全体を通して現代よりも有意に高かったが、塩分の絶対値に関しては検討の余地が残っている。

本研究で見られた西暦1000年頃から1130年にかけての水温と塩分の上昇は、Liu et al. (2014)が示した11～12世紀のEASMの弱体化と調和的であった。彼らはこの時期に太陽活動が低下したことをトリガーとして、WPWP域の海水温が低下し、それによってEASMが弱体化したと説明した。本研究海域でも梅雨期の降水量の低下が塩分の上昇をもたらすとともに、雲量の低下によって海水温の局所的な上昇につながったと考えられる。また本研究結果は、Ge et al. (2013)が示した、10世紀後半の中国の温暖化、Chen et al. (2015)が示した中国南部の乾燥化とも一致していた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

発表では海水温と塩分の周期的変動についても考察を行う。

キーワード：サンゴ年輪、中世気候異常期
Keywords: Coral annual bands, Medieval Climate Anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1]
*Masaaki Takahashi[1], Hiroyuki Sase[1], Tsuyoshi Ohizumi[1]

1. アジア大気汚染研究センター
1. Asia Center for Air Pollution Research

1. Introduction

Sulfur is a major source of acid deposition. Usually sulfur is emitted as SO_2 and it is oxidized to SO_4^{2-} in atmosphere. S isotopic analysis of water and particulate samples were conducted in many studies. But gaseous SO_2 was rarely used for isotopic study. Isotopic ratio of SO_2 is strongly influenced by emission source near the sampling point. Because most of SO_2 emitted far from sampling point is oxidized to SO_4^{2-} during transportation. It is possible to distinguish domestic emission from transboundary emission. Moreover, dry deposition processes of SO_2 and particulate SO_4^{2-} and their interactions with tree canopy could be discussed more precisely. Isotopic analysis of SO_2 is considered as a powerful method to investigate the behavior of S in the atmosphere and ecosystems. We studied about the analytical method for S isotope in SO_2.

2. Method

(1) Equipment

SO_2 concentration in Japan is very low (e.g. annual 0.02ppb at Sado). We need to collect air sample at least $1m^3$ that is the amount we can obtain 1.2mg of $BaSO_4$ precipitation enough for isotopic analysis. High volume air sampler is generally used to collect around $1m^3$ of air sample. It uses filter, so we examined filter collection of SO_2 by K_2CO_3 filter generally used to collect SO_2 in filter-pack method.

(2) Filters

We used quarts filter for particulate SO_4^{2-} and K_2CO_3 filter for gaseous SO_2 next to it. K_2CO_3 filter is made on the basis of EANET manual. But to get enough flow rate for high volume air sampler, the size of K_2CO_3 filter is larger (20×26 cm, same size with quarts filter) than the manual and already dried before sampling.

(3) Flow rate/leak test

Under flow rate 100~400 L/min in this system, we confirmed weather sampling can be carried out stably. And we checked leak using two K_2CO_3 filters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(4) Sample treatment

On the basis of EANET manual, the sample was extracted with 0.05% H_2O_2aq and filtered. Then 2N HCl was added and concentrated to remove CO_3^{2-}. Next 1%(w/w)$BaCl_2$ was added. We filtered forming $BaSO_4$ precipitation. We examined the method to get $BaSO_4$ precipitation and to remove the components from K_2CO_3 filter.

3. Results

(1) Sampling and sample treatment

Sampling could be conducted under flow rate 100~400 L/min. Sampling efficiency was about 80%..

Several conditions to get $BaSO_4$ precipitation ware examined, it could be gotten by the method as below.

Filter was cut and ultrasonic extracted with 0.05% H_2O_2aq 30 minutes and filtered. 2.5 ml of 2N HCl was added and concentrated to around 10 ml. Then 1 ml of heated 1 %(w/w) $BaCl_2$ was added under pH 4~6. Next evaporated all solvent and added 10 ml of water. $BaSO_4$ precipitation was observed. After put for one night, the precipitation was separated by centrifuge 3,600 rpm for 10 minutes and we removed the solvent. The precipitation was washed twice by 10 ml of water and filtered. At last the filter was ashed for four hours in muffle furnace in 800 ℃ .

(2) Actual analysis

We used two K_2CO_3 filters and collected 2160.2 m^3 of air sample under flow rate 300 L/min. 3.80 mg of particular SO_4^{2-} and 0.89 mg (first) and 0.14 mg (second) of SO_4^{2-} from SO_2 were obtained. $\delta^{34}S$ of particular SO_4^{2-} was 8.64 ‰and that of SO_2 from the first filter was -1.54 ‰. The amount of precipitation from second filter was not enough for isotopic analysis. This difference was caused by effect of sea salt mainly. But nss- $\delta^{34}S$ of particular SO_4^{2-} was 4.78 ‰. It was still higher than SO_2. It suggested that nss- SO_4^{2-} contains both transboundary SO_4^{2-} and domestic SO_4^{2-}. According to the relevant literature, domestic SO_2 may have negative isotopic values because of imported oil from Middle East. Considering that this sampling was carried out in January, possible effect of transboundary SO_2 with higher isotopic values should also be taken into account for source identification of the collected SO_2.
We would like to discuss at the conference with the latest data.

キーワード：硫黄同位体比、SO2ガス
Keywords: sulfur isotope, SO2 gas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2]
*Soichiro Kusaka[1], Ki-Cheol Shin[2]

1. 東海大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Tokai Univ., 2. Research Institute for Humanity and Nature

This study investigates zinc isotope ratios in tooth enamels of human skeletal remains of the Jomon period in Japan. Carbon and nitrogen isotope analysis on bone collagen were traditionary used to reconstruct diet and trophic levels on prehistoric people. The progress of isotope measurements using MC-ICP-MS enables us to analyze isotope ratios of zinc and other metals. Some researches report that the zinc isotope ratios of animals reflect dietary sources and vary according to trophic levels. This study newly develops zinc isotope analysis on human tooth enamels. The zinc isotope analysis has great potential to reconstruct dietary information from inorganic materials of archaeological bones or fossils.

The material used in this study is SRM1400 (bone ash), six samples of human tooth enamels from the Yoshigo and Inariyama shell mounds of Aichi prefecture, and faunal remains (six deer enamels, three boar enamels, six marine fish bones, and six modern plant leaves). Zinc was purified from these samples using anion exchange resin. Zinc isotope ratios were measured by MC-ICP-MS with the zinc standard solution of AA-ETH. The mass bias was corrected with Cu standard solution added to all standards and samples. The zinc isotope ratios of SRM1400 showed similar value with the value previously reported. The difference of zinc isotope ratios between washed and unwashed samples with acetic acids were very small, suggesting no significant diagenetic alteration. The deer and marine fish samples showed the value expected from their dietary ecology. The zinc isotope ratios of Jomon skeletal remains was higher than those of plants, but lower than deer and marine fish. This result indicates that sources of zinc for humans were terrestrial and marine meat as well as terrestrial plants.

キーワード：亜鉛同位体、縄文時代、古人骨
Keywords: Zinc Isotope, Jomon period, Human skeletal remains

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境標準物質の亜鉛安定同位体分析
Zinc stable isotope analysis of environmental reference materials

*SHIN Ki-Cheol[1]
*Ki-Cheol Shin[1]

1. 総合地球環境学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature

Zinc has atomic number 30 and atomic mass 65.39. It is a trace element of terrestrial rocks and widely distributed throughout the lithosphere and biosphere. It is chalcophile features and has rich coordination chemistry, participates in a large number of important biological compounds and reactions. The zinc plays an important role as an essential trace metal in all living systems from bacteria to humans. Zn has five stable isotopes ^{64}Zn, ^{66}Zn, ^{67}Zn, ^{68}Zn, and ^{70}Zn. Their isotopic fractionation could provide valuable information about environmental processes, especially in biological processes.

With the advent of multi-collector ICP-MS, it is possible to measure the precise value of ^{66}Zn/^{64}Zn in Zn solution. To promote the environmental stable isotope traceability, RIHN is desired to determine the isotope ratios of zinc for environmental reference materials with high precision and accuracy, rapidness, and convenience.

Here, I report a simple and efficient method for zinc isotope analysis. The various environmental samples over 20 types were used for the study. All samples have purified with an anion exchange resin to separated Zn and Fe at a time. Zinc isotope ratios were measured by MC-ICP-MS (NEPTUNE plus) with AA-ETH, which is a new zinc isotopic standard solution reported by Archer et al. (2017). The mass bias correction conducted with Cu standard solution (NIST SRM 976).

キーワード：安定同位体、亜鉛、環境標準物質
Keywords: stable isotope , Zinc, environmental reference materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[H-TT18] 環境トレーサビリティー手法の開発と適用

コンビーナ:陀安 一郎(総合地球環境学研究所)、大手 信人(京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻)、Gabriel J Bowen(University of Utah)

現代社会は、自然界に存在するほとんどの元素を利用している。それをもたらす資源の持続的利用と環境に調和した社会の実現が叫ばれて久しいが、環境全体の質的改変に伴う人間圏の生存リスクは複合的に拡大している。そこで、自然環境の各要素や人間のつながりを診断・追跡する手法とその社会での広範な適用が必要になってきた。
　天然物や人工物を構成する各元素は、大気や水、生物などの地球の各圏および人間社会や人体の中に形を変えて移動している。多元素の濃度とその安定同位体比の情報は複雑な物質動態の追跡に有効であり、生態系サービスや大気水循環、生活や健康など人間を対象とする諸研究に利用されている。本セッションでは、その概念を環境トレーサビリティー手法と呼び、その開発とその適用例の情報交換を行う。
　本セッションでは「地球化学」「水文学」「生態学」「地質学」「鉱物学」「人類学」「食品科学（産地判別）」「科学捜査」など、専門的学問領域で活用されている同位体手法を、環境学の研究に利用する「同位体環境学」の視点での発表を歓迎する。特に、「Isoscapes」（面的同位体マップ）を用いた研究発表を期待する。

[HTT18-P01] **Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa**

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3] (1.滋賀県立大学　環境科学部、2.京都大学生態学研究センター、3.山梨大学大学院・国際流域環境研究センター)

[HTT18-P02] Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2] (1.総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2.地球科学研究所)

[HTT18-P03] 河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P04] 降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2] (1.福島大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P05] Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4] (1.愛媛大学大学院連合農学研究科、2.西条市、3.総合地球環境学研究所、4.香川大学農学部)

[HTT18-P06] 窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4] (1.山梨大学大学院、2.流域環境科学特別教育プログラム、3.国際流域環境研究センター、4.滋賀県立大学　環境科学部)

[HTT18-P07] Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1] (1.静岡県環境衛生科学研究所、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P08] 石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.岐阜大学教育学部、3.東北大学大学院理学研究科、4.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P09] Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1] (1.アジア大気汚染研究センター)

[HTT18-P10] Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2] (1.東海大学、2.総合地球環境学研究所)

[HTT18-P11] 環境標準物質の亜鉛安定同位体分析

*SHIN Ki-Cheol[1] (1.総合地球環境学研究所)

Isotopic study on seasonal nitrogen dynamics at Lake Biwa

*石橋 孝晃[1]、尾坂 兼一[1]、木庭 啓介[2]、中村 高志[3]、西田 継[3]
*Takaaki Ishibashi[1], Ken'ichi Osaka[1], Keisuke Koba[2], Takashi Nakamura[3], Kei Nishida[3]

1. 滋賀県立大学　環境科学部、2. 京都大学生態学研究センター、3. 山梨大学大学院・国際流域環境研究センター
1. Department of ecosystem study, University of Shiga Prefecture, 2. Center for Ecological Research, Kyoto University, 3. International Research Center for River Basin Environment, University of YAMANASHI

To clarify nitrogen dynamics in Lake Biwa, we measured the concentrations of nitrogen compounds and their nitrogen stable isotopic ratios in 14 depths in north basin of Lake Biwa. In the lake, particulate nitrogen (PN), such as phytoplankton, is generally decomposed to dissolved nitrogen (DN); in order of dissolved organic nitrogen (DON), ammonia nitrogen (NH_4^+) and nitrate nitrogen (NO_3^-). These dissolved nitrogen compounds are taken up by phytoplankton again, and the nitrogen circulation in the lake is established. To predict the water quality in future, it is necessary to understand the nitrogen cycle in the lake, as well as nutrient load to the lake.

In this study, we collected lake water sample at 14 depths in north basin of Lake Biwa (water depth is 90 m) in 1-2 months interval. The lake waster sample was analyzed for the concentration of PN, PC, DN, NO_3^-, NO_2^- and NH_4^+, $d^{15}N$ of PN, DN and NO_3^-.

NO_3^- concentration was lower in the surface layer (0-20m), and higher in the deep layer (20-90m) during the stratification period, whereas NO_3^- concentration was constant in all layers during the circulation period. PN concentration also increased in the surface layer from April to June, decreased sharply in July. These indicate that phytoplankton which grew on the surface layer from April to June used NO_3^-, thereafter, NO_3^- was depleted after June, then, phytoplankton decreased after July respectively. On the other hand, NO_3^- concentration is considered to be increased by decomposition of the precipitated PN from surface layer. It is considered that the NO_3^- concentration became constant in all layers because of mixing of deep layer and the surface layer.

The weighted average $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ in the unit water columns decreased about 3‰ in the circulation period, in the circulation period, then, increased during the stratification period. The decrease of $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ at the water column during circulation period can not be explained by mixing of deep layer and the surface layer. We will discuss the mechanisms of $d^{15}N_{DN}$, $d^{15}N_{NO3}$ decrease during circulation period in the presentation.

キーワード：窒素動態、窒素安定同位体、季節変動
Keywords: nitrogen dynamics, nitrogen isotope, seasonality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

Relationship between residence time, water quality, and stable isotopes of spring water and groundwater in coastal area of Fukushima prefecture

*藪崎 志穂[1]、浅井 和由[2]
*Shiho Yabusaki[1], Kazuyoshi Asai[2]

1. 総合地球環境学研究所・福島大学 共生システム理工学類、2. 地球科学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature・Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, 2. Geo Science Laboratory

After the Great East Japan Earthquake occurred, the investigation near the coast area in northern part of Fukushima prefecture has been carried out to clarify the groundwater flow and residence time in this area. The measuring of EC, pH, water temperature, ORP and sampling of groundwater, spring water and river water have been carried out several times at Shinchi town, Soma city, Minamisoma city, Namie town, Okuma town, Iitate village and Date city since September in 2012. The inorganic ions, stable isotopes of oxygen and hydrogen, trace elements were analyzed for all samples by using the IC (ICS-3000), CRDS (Picarro L2130-i) and ICP-MS (Agilent 7500cx). For estimating the residence time, tritium concentration, CFCs and SF_6 measurements were made in several samples.

The water quality of river water and shallow groundwater indicates mainly Ca-HCO_3 type. In the part of the flooded area by a tsunami, the water quality of shallow groundwater and spring water is Na-Cl type. The Ca-SO_4 type and mixed type were also confirmed in some sites. In the case of deep groundwater, the water quality shows the Na-HCO_3 type and Ca-HCO_3 type. The concentration of Fe, Mn and Al were relatively high in some parts of deep groundwater. It is considered that the origin of these trace elements is soil.

The stable isotopes of oxygen and hydrogen ($\delta^{18}O$ and δD) in river water of Niida river, Mano river and Kamimano river indicate altitude effect. Because the stable isotopes in deep groundwater is relatively low, it is anticipated the recharge are of deep groundwater is about 300 m higher than that of shallow groundwater. It is expected that the recharge area of deep groundwater is around the Abukuma Mountains.

The average residence time of deep groundwater and spring water which indicate the Na-HCO_3 type is about 60 to 70 years. On the other hand, the average residence time of shallow groundwater which indicate the Ca-HCO_3 type is less than 10 years.

The information of groundwater flow is useful for considering the groundwater use with revival of the coastal area. We will continue the investigation of coastal area and make clear the groundwater flow system.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：Minamisoma city, Fukushima prefecture、CFCs・SF6、residence time、water quality、stable isotopes、groundwater flow
Keywords: Minamisoma city, Fukushima prefecture, CFCs・SF6, residence time, water quality, stable isotopes, groundwater flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川と湖沼に対する化学的風化指数CIA適用性の評価
Applicability evaluation of CIA due to river and lake

*幡谷 有翼[1]、川越 清樹[1]、藪崎 志穂[2]、鈴木 健[1]
*yusuke hataya[1], SEIKI KAWAGOE[1], Shiho Yabusaki[2], KEN Suzuki[1]

1. 福島大学、2. 総合地球環境学研究所
1. fukushima university, 2. Research Institute for Humanity and Nature

気候変動に伴う気象事象の変化が予測され，水資源の管理には一層の留意が必要となる．しかしながら，水域は多様な地域特性に応じた固有性を有する．そのため，管理も普遍的な方法が効果を発揮できるとは限らない．流域としての個性を判別できるツールを開発すれば，最適な管理手法を選択できる可能性をもつ．本研究では，河川と貯水池(人工湖沼)を対象に性質の異なる流域の特徴を求めて比較検討した．特に，この検討中で化学的な指標より流域の特徴を示すことの適用性を評価した．地理的情報として，数値地理データによる地質，表層土壌，土地被覆の上流域の情報を取得した．化学的情報として，対象地域の各地点で試料をサンプリングして，水質を分析した．水質として，イオン組成と微量元素の情報を取得し，流域の特徴を同定した．この同定で用いたものがCIAである．結果として，湖沼と河川のCIAを適用できる流域規模を把握することができた．

キーワード：化学的風化指数、水資源、数値地理情報
Keywords: CIA, water resource, Numerical geographic information

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

降雪起源特定に向けた短時間スケールの化学特性解析
Chemical property analysis of short time scale to determine snowfall source

*鈴木 皓達[1]、川越 清樹[1]、安達 翔[1]、藪崎 志穂[2]
*Suzuki hiromichi[1], SEIKI KAWAGOE[1], SHO ADACHI[1], Shiho Yabusaki[2]

1. 福島大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukushima University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

気候変動により現状と異なる気象事象の発生が予測される．この影響を求めるため，将来の予測精度を高める取り組みを進めなければならない．また，現状の現象を緻密に特徴付ける必要もある．以上を踏まえて，雪環境を対象に現況の特徴を化学的に導出することを試みている．水資源への積雪依存度の高い阿賀野川を中心にイオン組成と濃度特性，安定同位体比より降雪起源の特定に向けた解析を進めた．既に本研究は2014年より継続して実施しており，阿賀野川では流域の上流域で日本海起源以外の降雪起源が存在することを明らかにしている．特に，流域北部の上流域の猪苗代湖北側は地域固有の降雪起源を示唆する化学特徴を示した(鈴木ら，2018)．この結果をふまえて，現在は短時間スケールの降雪現象の化学特性を把握するための調査解析に取り組んでいる（2016～2018）．流域の上流域に位置する福島，桧原，米沢で降雪時にサンプリングを行い，各日で取得した試料を化学分析することで，短時間スケールの降雪起源を追跡することを試みた．

本研究の結果をまとめると，2018年1月22～25日は南高東低と強力な西高東低の気圧配置が認められ，分析結果より得られる結果も気象状況に敏感に反応し，3地点で特徴的な降雪起源の影響が認められた．空間的なタイムラグの差異が明らかにされた．

キーワード：d-excess値、同位体、短時間スケール
Keywords: d-excess value, isotope, short time scale

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analyzing the origin of surface water in the Saijo Plain, Japan, based on the antimony concentration in the water

*徳増 実[1,2]、申 基澈[3]、山田 佳裕[4]
*Minoru TOKUMASU[1,2], Ki-Cheol SHIN[3], Yoshihiro YAMADA[4]

1. 愛媛大学大学院連合農学研究科、2. 西条市、3. 総合地球環境学研究所、4. 香川大学農学部
1. The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, 2. Saijo City, 3. The Research Institute for Humanity and Nature (RIHN) , 4. Kagawa University, Faculty of Agriculture

1. Introduction

The flow of river water in many medium and small rivers is managed for water use and flood control. However, it is almost impossible to understand how the water taken from the rivers circulates throughout a basin. The source of water in the Saijo Plain in Ehime Prefecture is from the Kamo River surface water flow, shallow groundwater (unconfined ground water), and deep groundwater (confined ground water). Therefore, it is necessary to quantitatively clarify the source of water for sustainable water use. In this study, we tried to quantify the origin of river water in the plain based on the concentration of some chemical elements. In particular, antimony (Sb) was used as the main trace element because of large differences in its concentration between the water sources.

2. Materials and Methods

On November 25 and 26, 2017, during the non-irrigation period and on the 27th and 28th of July, 2018, during the irrigation period, surface water was collected at a total of 43 sites on small and medium rivers and waterways in the Saijo Plain. Multi-element analysis was carried out on the collected water using ICP-MS 7500 cx.

3. Results and Discussion

There was a large difference in the concentration of Sb among the sites. The highest concentration was found in the water from the Ichino River (Stn. 2) at 113 (2017) and 158 μg/L (2018). There was once an antimony mine in the Ichino River basin, so high concentrations of the element in the river water can be regarded as reflecting the influence of the geology. In the main stream of the Kamo River before joining the Ichinose River (Stn. 1), the Sb concentration was as low as 0.2 μg/L, and after the junction of the two rivers (Stn. 3), the concentration increased to 4.3 (2017) and 7.2 μg/L (2018). The concentration was 4.2 (2017) and 7.2 μg/L (2018) at Stn. 4 of the Kamo River, 11.6 (2017) and 11.7 μg/L (2018) in the unconfined ground water (average of Stns. 13, 14, 15), and 0.4 (2017) and 0.5 μg/L (2018) in the confined ground water (average of Stns. 28, 29, 40, 41, 43). The concentration of Si was 2.7 (2017) and 3.2 mg/L (2018) at Stn. 4 of the Kamo River, 3.4 (2017) and 2.9 mg/L (2018) in the unconfined ground water (average of Stns. 13, 14, 15), and 4.1 (2017) and 3.9 mg/L (2018) in the confined ground water (average of Stns. 28, 29, 40, 41, 43).
The ratio of water origin at each survey site was estimated using the above three sources as end members.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In the upstream area, the irrigation water taken from the Kamo River occupied most of the surface water. In the middlestream area, the ratio of water taken from the rivers was smaller, and the contribution of unconfined ground water exceeded 80%. In the downstream area, the confined ground water contribution exceeded 40% at many sites. In the Saijo Plain, the water origins are different in the upstream, middlestream, and downstream areas, where the contribution of irrigation water is small overall, and the contribution of the confined ground water is large.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

窒素化合物の安定同位体比に関する動力学的な基礎検討：ネパールカトマンズの地下水に対するケーススタディ

Basic kinetic study on stable isotope ratios of nitrogen compounds: a case study for groundwater in the Kathmandu Valley, Nepal

*横澤 賢[1,2]、西田 継[1,3]、中村 高志[1,3]、尾坂 兼一[4]
*Ken Yokozawa[1,2], Kei Nishida[1,3], Takashi Nakamura[1,3], Ken'ichi Osaka[4]

1. 山梨大学大学院、2. 流域環境科学特別教育プログラム、3. 国際流域環境研究センター、4. 滋賀県立大学　環境科学部
1. University of Yamanashi, 2. Special Graduate Program on River Basin Environmental Science,, 3. ICRE, 4. Department of ecosystem study Univercity of Shiga prefecture

人口増加に伴い水需要が増加している途上国地域では、地下水は貴重な水源であるにも関わらず、工業廃水や生活排水、農業活動による窒素汚染が進行している。地下環境では流動や微生物代謝によって窒素化合物の形態や濃度が変化しているため、汚染源の特定が難しくなることは珍しくない。これらの変化を詳細に調べる有効な手段として、安定同位体比を用いた解析が利用されている。しかし、この値自体も環境条件に大きく影響されるため、その理論的な裏付けに関する知見の蓄積が必要とされている。そこで本研究では、ネパールのカトマンズ盆地における地下水汚染を例に、安定同位体比を決定する要因を混合現象と分別現象に分けて定量的に整理・説明することを目的とした。

解析に使用したデータは、2014年9月から2018年8月までに行われたカトマンズ盆地の井戸水調査で取得した。硝酸の窒素と酸素の安定同位体比に基づいて、汚染様式を大まかに類型化した。次に、硝酸態窒素の安定同位体比に対して希釈曲線と脱窒曲線を作成し、脱窒曲線近傍のサンプルの空間分布を地図上で確認した。最後に、系内で反応物は十分かつ均質に存在すると仮定し、既報の理論を基に、硝酸と水の酸素安定同位体比について硝化と脱窒を組み合わせた動力学的分別モデルを作成した。そして、実測値を説明できるように複数のモデルパラメータを調整することで、各プロセスが硝酸の酸素安定同位体比に与える影響度を確認した。

解析の結果、硝酸については大気汚染起源が雨水と共に浸透していると思われる地点が確認された。また、脱窒が進行している傾向も確認され、その進行及び発生はカトマンズ盆地全域に及んでいた。さらに、各プロセスにおける同位体分別の大きさは地点および時期で差が見られ、これにはアンモニア酸化、亜硝酸還元、および亜硝酸と水の酸素交換が特に影響していることを示した。

キーワード：地下水、窒素・酸素安定同位体比、硝化、脱窒、混合、分別
Keywords: groundwater , nitrogen and oxygen stable isotope ratios, nitrification, denitrification, mixing, fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Usefulness of strontium isotope composition for determining the geographical origin of wasabi and potato

*神谷 貴文[1]、SHIN Ki-Cheol[2]、中村 佐知子[1]、香田 梨花[1]、岡 智也[1]、伏見 典晃[1]、村中 康秀[1]
*Takafumi Kamitani[1], Ki-Cheol Shin[2], Sachiko Nakamura[1], Rika Koda[1], Tomoya Oka[1], Noriaki Fushimi[1], Yasuhide Muranaka[1]

1. 静岡県環境衛生科学研究所、2. 総合地球環境学研究所
1. Shizuoka Institute of Environment and Hygiene, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Originally, the use of strontium isotope ratios ($^{87}Sr/^{86}Sr$) was restricted to geology and petrology, but they have been used as a particularly effective tracer of geographical food origin, as plants reflect the strontium isotope composition of the regionally based rock, soil, and water. This study aims to evaluate the usefulness of $^{87}Sr/^{86}Sr$ for determining the geographical origin of wasabi (Japanese horseradish) and potato, which are specialty crops in Shizuoka Prefecture, Japan.

Wasabi is cultivated in springs and streams located at the top of rivers, where dissolved element and isotopic compositions in water would reflect the geological characteristics without the effects of atmospheric deposition and human activity. We collected wasabi and water samples from 40 locations of major production areas in Japan: Shizuoka, Iwate, Nagano, Tokyo, and Shimane. These samples were subjected to trace elements and $^{87}Sr/^{86}Sr$ analyses. The $^{87}Sr/^{86}Sr$ values differed, based on the geological characteristics of their site locations, and the value of wasabi was well accorded with that of water in the same location. The wasabi samples collected from Izu Peninsula and Mt. Fuji regions in Shizuoka, where young volcanic rocks such as Quaternary basalts are distributed, had low $^{87}Sr/^{86}Sr$ (below 0.7040), whereas those from Nagano and Tokyo, where older rocks such as Mesozoic granites and accretionary complex are distributed, showed higher ratios (over 0.7095). We conclude that $^{87}Sr/^{86}Sr$ value of wasabi allowed us to distinguish the production area clearly.

On the other hand, the $^{87}Sr/^{86}Sr$ values of crops cultivated in the field are considered to be partly affected by precipitation and fertilizer. Therefore we conducted field survey and planter test for potato in Shizuoka. Field survey was conducted at Mishima, in eastern part of Shizuoka prefecture, and at Mikatahara, in western part of it, and $^{87}Sr/^{86}Sr$ of potato and soil exchangeable fraction were compared. As a result, there was a correlation between potato and soil in $^{87}Sr/^{86}Sr$, although the effects of precipitation and fertilizer were observed. The planter test suggests that the influence of fertilizer on $^{87}Sr/^{86}Sr$ varies depending on the amount of exchangeable Sr contained in the original soil.

キーワード：産地判別、ストロンチウム安定同位体比、ワサビ、バレイショ、静岡
Keywords: geographical origin, strontium isotope ratio, wasabi, potato, Shizuoka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石垣島化石サンゴ年輪を用いた中世気候異常期の海水温および塩分の復元
Reconstruction of sea surface temperature and salinity for the Medieval Climatic Anomaly using a long-lived fossil coral collected at Ishigaki Island, southwestern Japan

*阿部 理[1]、森本 真紀[2]、浅海 竜司[3]、中塚 武[1,4]
*Osamu Abe[1], Maki Morimoto[2], Ryuji Asami[3], Takeshi Nakatsuka[1,4]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 岐阜大学教育学部、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 総合地球環境学研究所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. School of Education, Gifu University, 3. Graduate School of Science, Tohoku University, 4. Research Institute for Humanity and Nature

西暦950～1250年は中世気候異常期（MCA）と呼ばれ(Masson-Delmotte et al., 2013)、世界的に温暖な時期と考えられている(Bradley et al., 2003)。特にMCAの開始時期である10世紀後半に大きな気候の変化があったことが、多くの復元記録から示されている。Mann et al. (2009)は10世紀後半に見られる北半球平均気温の上昇と北半球亜寒帯域の海面水温の上昇時期が一致することを見出した。Yan et al. (2011)は西暦1000年頃に、それまでのラニーニャ的気象場からエルニーニョ的気象場へとシフトしたことを示した。東アジアにおいては、Zhang et al. (2008)やGe et al. (2013)らが10世紀後半に夏季モンスーンの活動が活発化し、温暖で湿潤な環境へと変化したことを示した。一方で、Lie et al. (2014)は西暦1000年から1100年にかけて東アジア夏季モンスーンが弱体化したことを示した。また、MCA期に中国南部は乾燥気候であったことを示す報告も存在する（Chen et al., 2015)。

これらの結果は、いずれも西暦1000年前後を境に気候が大きく変化したことを示しているものの、ほとんどを現存する陸上記録に頼っており、海洋の、高時間分解能連続記録はほとんど存在しない。

そこで、本研究では、琉球列島南西部に位置する石垣島南岸の登野城サンゴ礁に埋没していた、体高約5mの化石ハマサンゴ試料を採取し、およそ一か月平均の時間分解能で、約300年間の海水温と海洋塩分の復元を行った。最新部のU/Th年代測定と年輪計数より、MCAの大部分を含む、西暦845～1130年の間生息していたことが明らかとなったサンゴ年輪について、骨格炭酸塩のSr/Caおよび酸素同位体比をそれぞれ約4000試料の分析を実施した。石垣島の現生サンゴ記録、観測水温、観測塩分および海水の酸素同位体比からSr/Caと海水温の関係式、酸素同位体と海水温および海水酸素同位体比の関係式を構築し、Abe et al. (2009)によって得られた海水酸素同位体比と塩分の関係式を用いて、得られた化石サンゴのSr/Caおよび酸素同位体比から9～12世紀の水温と塩分を復元した。

その結果、水温は期間全体を通して、夏季は現代よりも約2℃低く、冬季は現代よりも約1℃高いことがわかった。

また、西暦1040年を境に明瞭に上昇したことがわかった。その上昇量は年平均で0.9℃、夏季平均で0.7℃、冬季平均で約1.1℃であった。また、塩分も西暦990年を境に有意に上昇したことが明らかとなり、その上昇量は年平均、夏季平均、冬季平均いずれも0.8であった。塩分は期間全体を通して現代よりも有意に高かったが、塩分の絶対値に関しては検討の余地が残っている。

本研究で見られた西暦1000年頃から1130年にかけての水温と塩分の上昇は、Liu et al. (2014)が示した11～12世紀のEASMの弱体化と調和的であった。彼らはこの時期に太陽活動が低下したことをトリガーとして、WPWP域の海水温が低下し、それによってEASMが弱体化したと説明した。本研究海域でも梅雨期の降水量の低下が塩分の上昇をもたらすとともに、雲量の低下によって海水温の局所的な上昇につながったと考えられる。また本研究結果は、Ge et al. (2013)が示した、10世紀後半の中国の温暖化、Chen et al. (2015)が示した中国南部の乾燥化とも一致していた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

発表では海水温と塩分の周期的変動についても考察を行う。

キーワード：サンゴ年輪、中世気候異常期
Keywords: Coral annual bands, Medieval Climate Anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the analytical method for sulfur isotope in SO_2 gas

*高橋 雅昭[1]、佐瀬 裕之[1]、大泉 毅[1]
*Masaaki Takahashi[1], Hiroyuki Sase[1], Tsuyoshi Ohizumi[1]

1. アジア大気汚染研究センター
1. Asia Center for Air Pollution Research

1. Introduction

Sulfur is a major source of acid deposition. Usually sulfur is emitted as SO_2 and it is oxidized to SO_4^{2-} in atmosphere. S isotopic analysis of water and particulate samples were conducted in many studies. But gaseous SO_2 was rarely used for isotopic study. Isotopic ratio of SO_2 is strongly influenced by emission source near the sampling point. Because most of SO_2 emitted far from sampling point is oxidized to SO_4^{2-} during transportation. It is possible to distinguish domestic emission from transboundary emission. Moreover, dry deposition processes of SO_2 and particulate SO_4^{2-} and their interactions with tree canopy could be discussed more precisely. Isotopic analysis of SO_2 is considered as a powerful method to investigate the behavior of S in the atmosphere and ecosystems. We studied about the analytical method for S isotope in SO_2.

2. Method

(1) Equipment

SO_2 concentration in Japan is very low (e.g. annual 0.02ppb at Sado). We need to collect air sample at least $1m^3$ that is the amount we can obtain 1.2mg of $BaSO_4$ precipitation enough for isotopic analysis. High volume air sampler is generally used to collect around $1m^3$ of air sample. It uses filter, so we examined filter collection of SO_2 by K_2CO_3 filter generally used to collect SO_2 in filter-pack method.

(2) Filters

We used quarts filter for particulate SO_4^{2-} and K_2CO_3 filter for gaseous SO_2 next to it. K_2CO_3 filter is made on the basis of EANET manual. But to get enough flow rate for high volume air sampler, the size of K_2CO_3 filter is larger (20×26 cm, same size with quarts filter) than the manual and already dried before sampling.

(3) Flow rate/leak test

Under flow rate 100~400 L/min in this system, we confirmed weather sampling can be carried out stably. And we checked leak using two K_2CO_3 filters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(4) Sample treatment

On the basis of EANET manual, the sample was extracted with 0.05% H_2O_2aq and filtered. Then 2N HCl was added and concentrated to remove CO_3^{2-}. Next 1%(w/w)$BaCl_2$ was added. We filtered forming $BaSO_4$ precipitation. We examined the method to get $BaSO_4$ precipitation and to remove the components from K_2CO_3 filter.

3. Results

(1) Sampling and sample treatment

Sampling could be conducted under flow rate 100~400 L/min. Sampling efficiency was about 80%..

Several conditions to get $BaSO_4$ precipitation ware examined, it could be gotten by the method as below.

Filter was cut and ultrasonic extracted with 0.05% H_2O_2aq 30 minutes and filtered. 2.5 ml of 2N HCl was added and concentrated to around 10 ml. Then 1 ml of heated 1 %(w/w) $BaCl_2$ was added under pH 4~6. Next evaporated all solvent and added 10 ml of water. $BaSO_4$ precipitation was observed. After put for one night, the precipitation was separated by centrifuge 3,600 rpm for 10 minutes and we removed the solvent. The precipitation was washed twice by 10 ml of water and filtered. At last the filter was ashed for four hours in muffle furnace in 800 ℃ .

(2) Actual analysis

We used two K_2CO_3 filters and collected 2160.2 m^3 of air sample under flow rate 300 L/min. 3.80 mg of particular SO_4^{2-} and 0.89 mg (first) and 0.14 mg (second) of SO_4^{2-} from SO_2 were obtained. $\delta^{34}S$ of particular SO_4^{2-} was 8.64 ‰and that of SO_2 from the first filter was -1.54 ‰. The amount of precipitation from second filter was not enough for isotopic analysis. This difference was caused by effect of sea salt mainly. But nss- $\delta^{34}S$ of particular SO_4^{2-} was 4.78 ‰. It was still higher than SO_2. It suggested that nss- SO_4^{2-} contains both transboundary SO_4^{2-} and domestic SO_4^{2-}. According to the relevant literature, domestic SO_2 may have negative isotopic values because of imported oil from Middle East. Considering that this sampling was carried out in January, possible effect of transboundary SO_2 with higher isotopic values should also be taken into account for source identification of the collected SO_2.
We would like to discuss at the conference with the latest data.

キーワード：硫黄同位体比、SO2ガス
Keywords: sulfur isotope, SO2 gas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Zinc isotope analysis on human tooth enamel samples to reconstruct diet of the Jomon period.

*日下 宗一郎[1]、SHIN Ki-Cheol[2]
*Soichiro Kusaka[1], Ki-Cheol Shin[2]

1. 東海大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Tokai Univ., 2. Research Institute for Humanity and Nature

This study investigates zinc isotope ratios in tooth enamels of human skeletal remains of the Jomon period in Japan. Carbon and nitrogen isotope analysis on bone collagen were traditionary used to reconstruct diet and trophic levels on prehistoric people. The progress of isotope measurements using MC-ICP-MS enables us to analyze isotope ratios of zinc and other metals. Some researches report that the zinc isotope ratios of animals reflect dietary sources and vary according to trophic levels. This study newly develops zinc isotope analysis on human tooth enamels. The zinc isotope analysis has great potential to reconstruct dietary information from inorganic materials of archaeological bones or fossils.

The material used in this study is SRM1400 (bone ash), six samples of human tooth enamels from the Yoshigo and Inariyama shell mounds of Aichi prefecture, and faunal remains (six deer enamels, three boar enamels, six marine fish bones, and six modern plant leaves). Zinc was purified from these samples using anion exchange resin. Zinc isotope ratios were measured by MC-ICP-MS with the zinc standard solution of AA-ETH. The mass bias was corrected with Cu standard solution added to all standards and samples. The zinc isotope ratios of SRM1400 showed similar value with the value previously reported. The difference of zinc isotope ratios between washed and unwashed samples with acetic acids were very small, suggesting no significant diagenetic alteration. The deer and marine fish samples showed the value expected from their dietary ecology. The zinc isotope ratios of Jomon skeletal remains was higher than those of plants, but lower than deer and marine fish. This result indicates that sources of zinc for humans were terrestrial and marine meat as well as terrestrial plants.

キーワード：亜鉛同位体、縄文時代、古人骨
Keywords: Zinc Isotope, Jomon period, Human skeletal remains

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境標準物質の亜鉛安定同位体分析
Zinc stable isotope analysis of environmental reference materials

*SHIN Ki-Cheol[1]
*Ki-Cheol Shin[1]

1. 総合地球環境学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature

Zinc has atomic number 30 and atomic mass 65.39. It is a trace element of terrestrial rocks and widely distributed throughout the lithosphere and biosphere. It is chalcophile features and has rich coordination chemistry, participates in a large number of important biological compounds and reactions. The zinc plays an important role as an essential trace metal in all living systems from bacteria to humans. Zn has five stable isotopes ^{64}Zn, ^{66}Zn, ^{67}Zn, ^{68}Zn, and ^{70}Zn. Their isotopic fractionation could provide valuable information about environmental processes, especially in biological processes.

With the advent of multi-collector ICP-MS, it is possible to measure the precise value of ^{66}Zn/^{64}Zn in Zn solution. To promote the environmental stable isotope traceability, RIHN is desired to determine the isotope ratios of zinc for environmental reference materials with high precision and accuracy, rapidness, and convenience.

Here, I report a simple and efficient method for zinc isotope analysis. The various environmental samples over 20 types were used for the study. All samples have purified with an anion exchange resin to separated Zn and Fe at a time. Zinc isotope ratios were measured by MC-ICP-MS (NEPTUNE plus) with AA-ETH, which is a new zinc isotopic standard solution reported by Archer et al. (2017). The mass bias correction conducted with Cu standard solution (NIST SRM 976).

キーワード：安定同位体、亜鉛、環境標準物質
Keywords: stable isotope , Zinc, environmental reference materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 301B 3F

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)、座長:横田 俊之、井上 敬資

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

9:00 ~ 9:15

[HTT22-01] 高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1] (1.土木研究所 つくば中央研究所 、2.土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）))

9:15 ~ 9:30

[HTT22-02] 3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例

*小西 千里[1]、林 宏一[1] (1.応用地質株式会社)

9:30 ~ 9:45

[HTT22-03] 接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) －理論の概要－

*領木 邦浩[1] (1.職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット)

9:45 ~ 10:00

[HTT22-04] 地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討

*園田 潤[1]、木本 智幸[2] (1.独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2.独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科)

10:00 ~ 10:15

[HTT22-05] 指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4] (1.鹿島建設株式会社 技術研究所、2.鹿島建設株式会社 中部支店、3.松永ジオサーベイ株式会社、4.三井金属資源開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[HTT22-06] 2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1] (1.応用地質株式会社、2.山口大学 名誉教授)

高周波反射法地震探査による土石流被災砂防ダム堤体内構造のイメージング

High-frequency seismic reflection measurements for imaging internal structure of a sabo dam damaged by a huge debris flow

*稲崎 富士[1]、木佐貫 寛[2]、小河原 敬徳[1]、清水 武志[1]、藤村 直樹[1]
*Tomio INAZAKI[1], Hiroshi Kisanuki[2], Takanori Ogahara[1], Takeshi Shimizu[1], Naoki Fujimura[1]

1. 土木研究所 つくば中央研究所 、2. 土木研究所 つくば中央研究所 (現所属：応用地質（株）)
1. Public Works Research Institute, Tsukuba Central Institute, 2. PWRI (Present address: OYO Corporation)

2014年7月に上陸した台風8号による集中豪雨によって長野県南木曽町で大規模土石流が発生し，この土石流の一部を捕捉した最上流の不透過型コンクリート砂防ダムでは堤体上部約5mが流出するとともにジョイント部での変位，堤体の下流方向への傾動，剥離面の形成など，堤体の機能を低下させる深刻な損傷被害を受けた．このダム堤体の損傷状態を評価することを目的として堤体背面において数次にわたって物理探査を実施した．このうちGPR探査結果については青池ほか（2015），清水ほか（2017）で概要を報告している．また背面のDSM構築とそれに基づく堤体の変形様式の3D空間モデル化については本大会で報告した（Inazaki, et al., 2017）. 一方高周波反射法探査は3次にわたって実施し，背面に6測線を設定して内部構造のイメージングを試みたが，その一部を紹介するにとどまっていた（Kisanuki, et al., 2015）．今回，3次にわたって実施した高周波反射法地震探査記録を再処理し，堤体内部反射構造のイメージングを試みた．

現地探査は2014年12月，2016年2月および4月に実施した．探査測定条件は以下である．ダム堤体背面の底部に水平方向に約10m長さの測線を設定した．測線上に10cm間隔に高周波加速度センサ（Crossbow CXL 10HF）を貼り付け，結線する．壁面をハンマーで打撃して打撃振動を発生させ，観測する．使用した加速度センサは高感度で10kHz程度までの高周波数帯域の振動を測定することができる（稲崎・雷,1999）．また従来の地震計を用いる計測では高周波数帯域の振動計測は困難であることがわかっている．なお上記使用ツールおよび測定条件下ではSV波成分が卓越することが経験的に知られている（稲崎ほか，2003）．ところで高い空間分解能を確保するには，稠密なセンサアレイの設定に加えて高速サンプリングが不可欠である．第一次調査ではサンプル間隔を25μsに，第2次調査では2μsec，第三次調査では5μsに設定して波形を収録した．

収録した波形データを通常の反射法探査データ処理の流れに沿って処理した．ただし処理時のビット落ちを防ぐため，ジオメトリを100倍して処理した．なおショットギャザには見かけ速度2.5km/sの直達波,測線直交亀裂からの対向波に加え,内部からの反射波が明瞭に捉えられていた.各測線のデータセットに対しRMS速度2.5km/sを仮定して重合前時間マイグレーションを施し,時間-深度変換ののち深度断面を再構成した.

高周波反射深度断面には見かけ深度10m付近に強振幅の連続性の良い水平な反射面が共通して出現した．設計図等との対比から堤体上流側壁面からの反射波に比定することができる．また最表層部深さ2m程度の領域には低角の反射面を認めることができる．壁面に出現した亀裂とその傾斜と調和的であった．一方表層はく離推定部上に設置した測線下の深度断面には，表層はく離面比定反射イベントの下位には明瞭な反射面が見いだされなかった．

ダム堤体などコンクリート構造物の内部物性構造を把握するには，高周波数帯域での高密度計測が必要とされる．筆者らは高周波加速度センサおよび高速高分解能収録装置を採用することでこの条件を解決した．また稠密なセンサアレイ配置を採用することにより，構造物内部あるいは境界面を鮮明にイメージングできることを示した．

キーワード：砂防ダム、土石流、反射法地震探査、高周波加速度センサ
Keywords: Sabo dam, debris flow, seismic reflection survey, high-frequency accelerometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3次元常時微動トモグラフィの開発とその適用事例
Development and applications of 3D ambient noise tomography

*小西 千里[1]、林 宏一[1]
*Chisato Konishi[1], Koichi Hayashi[1]

1. 応用地質株式会社
1. OYO Corporation

従来の微動アレイ探査は、微動の到来方向に偏りがあった場合でも適切な位相速度を推定できるように、同心円上とその中心あるいは正三角形の頂点とその重心に受振点を設けて様々な方位からの微動を計測し、主に1次元のS波速度構造を推定する目的で利用されてきた。我々は、このような微動アレイ探査を2次元/3次元に拡張した常時微動トモグラフィを開発し、適用実験を実施してきた。同手法は、GPS、A/Dコンバーター、バッテリー，SDカード等が全て内蔵された独立型の地震探査装置を用いることで、ケーブルの取り回しの必要がなく、設置場所の制約もあまりうけずに、簡便に計測できるのが特長である。また、一度に数10台の受振点を面的に設置することで、微動の到来方向の偏りの影響も受けることも少ない。さらに、受振器間隔が等しいデータを多数の地震計ペアで同時に取得できるため、スタッキング効果によって、短い計測時間でも品質の高いデータを取得することができるという利点もある。

解析については、表面波探査のCMPCC解析を改良したCMP-SPAC法を用いる。面的に配置した受振器の全ての組み合わせに対してSPAC法により空間自己相関係数を計算し、CMPによるビンニングとソーティングを行って、CMP毎にコヒーレンス波形を作成する。このコヒーレンス波形を、周波数と位相速度を仮定して得られるベッセル関数と比較することにより、周波数毎の位相速度を決定する。周波数ー位相速度の関係から分散曲線を読み取った後は、表面波探査と同様、非線形最小二乗法に基づく逆解析によってCMP毎の1次元S波速度構造を求めることができる。全てのCMPにおける1次元S波速度構造を空間補間することで、簡便に3次元S波速度構造を求めることができる。この方法は、3次元探査であっても計算量は2次元の表面波探査と大きく変わらないため、比較的容易に3次元のS波速度構造を得ることができる。

これまでの現場適用実験の結果は既存の地質情報や物理探査結果と概ね整合しており、期待通りの結果が得られている。ただし、多数の受振器を配置した場合でも、測定範囲の端部では受振器ペアの数や方向が限定されることから、深部の速度推定精度が悪くなることや、微動の偏りの影響も受けやすいこともわかってきた。しかし、これらは通常の物理探査と同様、調査範囲をあらかじめ広めに取っておくことで対応可能である。また、微動のみを利用する場合、波長の短い振動が少なく受振器間隔を短くしても浅部の構造が十分に探査できない可能性もあるが、受振器アレイの外側で人工的な振動を与えることで、浅部の感度も向上し、浅部探査にも適用可能であることもわかった。

キーワード：微動、S波速度、3次元探査
Keywords: Microtremor, S-wave velocity, 3D exploration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

接地抵抗による不被圧地下水の水位変化推定の試み(I) －理論の概要－
An Attempt to Estimate the Level of Non-confind Groundwater by Earthing Resistance (I) - Outline of Theory -

*領木 邦浩[1]
*Kunihiro Ryoki[1]

1. 職業能力開発総合大学校 能力開発院能力開発基礎系技術基礎ユニット
1. Polytechnic University

1.はじめに

関東平野の武蔵野台地では，透水性の良い関東ローム層が数メートルにわたって武蔵野礫層を覆っている．ここでの不被圧地下水は武蔵野礫層を主な帯水層としているが，季節的な涵養を受けて上位のローム層までその水位が上昇することがある．特に，ローム層中には粘土質に富むレンズ状の不透水層が点在しており(角田, 2017)，しばしばこの上に滞留した宙水の水位が地表付近まで上昇するため，水害をもたらすことがある(例えば，東京都地質調査業協会, 2000)．従って，このような地下水位の変動を多くの地点で観測し，水害への備えが求められている．

大島・他 (2015)は，住宅基礎を電気設備の保安用接地として利用するために，約2m×2mの小型モデル基礎や実規模住宅の建築基礎を用いて，これらの接地抵抗の安定性を検証した．これによると，接地抵抗には小型モデルでは200%程度，実規模基礎では20%～30%程度の季節的な変動があることが示され，この変動は表層および住宅基礎の気温変化に伴う温度特性に起因するものと考えられた．一方，1988年12月始めから2001年3月までの井の頭池周辺の観測井における地下水の観測結果(国分, 2005)を見ると，いずれもpeak to peakで2m～3mの年周変化を示している．このような地下水位の変化は大地の大局的な抵抗率を変化させ，接地電極の接地抵抗を変化させる要因となる(領木, 2019)．そこで，本報告では，その考え方を紹介し，地下水位の変動が接地抵抗の変化に与える寄与に基づいた地下水位の推定方法について検討する．

2.理論

原点Oから抵抗率ρの半無限媒質の大地に流入する点電流Iが距離rの地表に作る電位V_rは，$V_r=\rho I/2\pi r$である．このとき，点電流源に代えて半径aの半球状の金属電極を接地すれば，金属内での電位はその表面での電位V_aと等しくなり，$V_a=\rho I/2\pi a$となる．従って，無限遠から見た原点Oの抵抗値（半球状金属電極の抵抗値）Rは，$R=V_a/I=\rho/2\pi a$であり，これが半球状金属電極の接地抵抗となる．

次に，大地を水平二層構造とみなした場合の地表電位を考える．萩原(1951)が示した鏡像法(図1)によると，点電流源が作る距離rの地表z=0での電位$V_{0(r,\,z=0)}$は，$V_{0(r,\,z=0)}=\rho_1 I(1/r+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(r^2+(2kd)^2)^{1/2}))/2\pi$となる．ここで，$Q$は電流密度に関する反射係数で，$Q=(\rho_2-\rho_1)/(\rho_2+\rho_1)$，$\rho_1$，$\rho_2$は，それぞれ第1層，第2層の抵抗率，$d$は第1層の層厚である．このとき，二層構造上の接地極の接地抵抗R_aは，垂直電気探査Wenner法と同様に考えると，$r=a$とおいて，$R_a=V_a/I=\rho_1(1/a+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(a^2+(2kd)^2)^{1/2}))/2\pi$となり，これを等価接地抵抗と呼ぶこととする．ここで，R_aと，抵抗率ρ_1の第一層だけからなる半無限媒質での接地抵抗R_1(=R)との比を考えると，$R_a/R_1=1+2\Sigma^{\infty}_{k=1}(Q^k/(1+4k^2(d/a)^2)^{1/2})$は等価接地抵抗に関する見掛抵抗率ということができる．

図2は，R_1で基準化したR_aに対する半球導体電極の半径aで基準化した第1層の層厚dの関係を示したものである．これを見ると，地下水位が変化すると相当接地抵抗が変化することが分かり，接地抵抗の変動を監視することによって地下水位の変動を感知できるものと期待できる．

3.今後の計画

ここで示された方法を検証するため，観測井を設置して地下水位等の変動を測定するとともに，電気設備の保安用接地電極の接地抵抗を連続測定を行う．予定されている観測は，(1)地下水の水位，(2)地下水温，(3)地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

下水の電気伝導度，(4)大地の見掛抵抗率，(5)接地の抵抗値，である．講演では予察的な測定結果を示す予定である．

参考文献

萩原尊禮(1951)：比抵抗法，物理探鉱法，朝倉書店，復刻版，現代工学社，143-172.

国分邦紀(2005)：大雨により復活した台地の湧水・地下水についての水文学的考察，平成17年度東京都土木技術研究所年報，201-208.

大島正念・大槻卓也・小林綾(2015)：住宅用鉄筋コンクリート基礎の接地システムへの適用と接地抵抗値の季節変動，電気設備学会誌，**35**, 612-613.

領木邦浩(2019)：不被圧地下水水位変化に伴う水害予測のための接地抵抗変化を用いた水位推定法の理論，技能科学研究，**35**, (投稿中).

角田清美(2017)：武蔵野台地中央部の段丘地形と不圧地下水，駒澤地理，**53**, 35-53.

キーワード：電気設備、武蔵野台地、ローム層、宙水、水害、等価接地抵抗

Keywords: electrical equipment, Musashino district, loam layers, perchied water, flood damage, equivalent earthing resistance

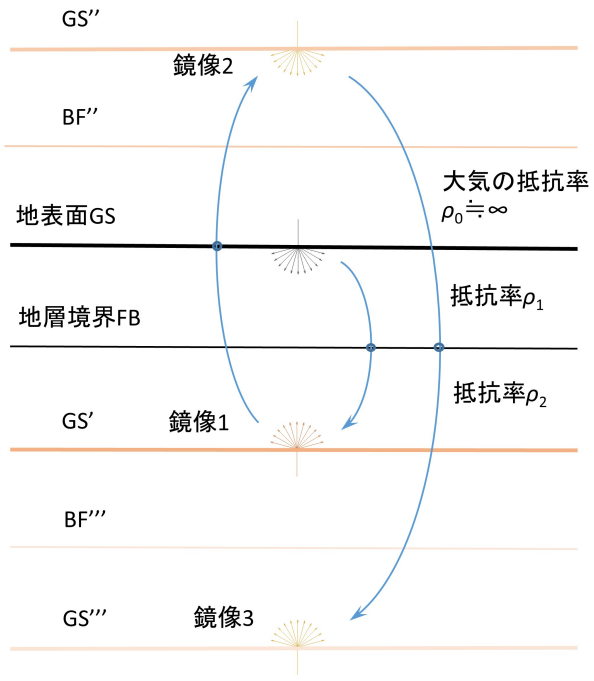


図1　鏡像法の概念図 (領木, 2019).
Fig. 1. Conceptual diagram of the mirror imaging method (Ryoki, 2019).

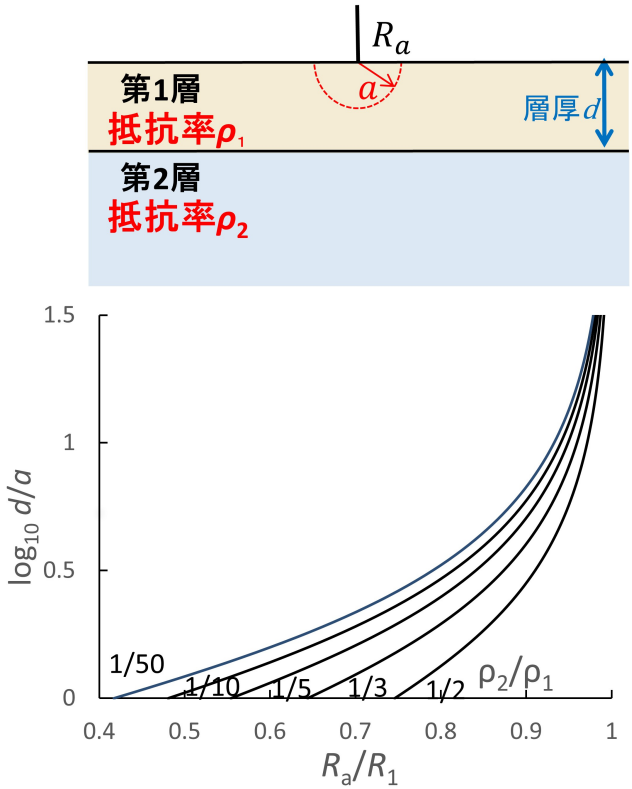


図2　等価接地抵抗と第1層の層厚との関係　それぞれ，半無限媒質での接地抵抗と半球導体電極の半径で基準化してある (領木, 2019).
Fig. 2. Relationship between the equivalent earthing resistance and the 1st layer thickness. Parameters are nor-malized by the earthing resistance in the semi infinite medium and the radius of the hemi-spherical conductor electrode, respectively (Ryoki, 2019).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダによる海底探査の実験的・理論的検討
Experimental and Theoretical Studies for Seafloor Survey by Ground Penetrating Radar

*園田 潤[1]、木本 智幸[2]
*Jun Sonoda[1], Tomoyuki Kimoto[2]

1. 独立行政法人国立高等専門学校機構・仙台高等専門学校・総合工学科、2. 独立行政法人国立高等専門学校機構・大分工業高等専門学校・電気電子工学科
1. National Institute of Technology, Sendai College, 2. National Institute of Technology, Oita College

海水は導電率が高く一般的に電波は伝搬しないとされており，現在では海水中では主に超音波が利用されている．我々は東日本大震災の津波災害による海底の行方不明者やがれきを探索するために，数百MHz帯の地中レーダを用いた海底探査を試みている．本稿では，宮城県閖上広浦湾と山元町磯浜漁港および坂元沖における地中レーダによる海底探査実験について，TDR (Time Domain Reflectometry) による海水の複素比誘電率の周波数特性と，CTD (Conductivity Temperature Depth profiler) による深さ方向の導電率分布の測定結果とともに，実際の地中レーダ画像からの海底物体探査について述べ，350 MHzの地中レーダで深さ10 m程度の海底物体の反射波が受信できたことを明らかにする．また，GPUを用いたFDTD法による海水中の電波伝搬解析を行い，実験結果の妥当性を示す．

キーワード：地中レーダ、海底探査、FDTD
Keywords: ground penetrating radar, seafloor survey, FDTD

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

指向性ボアホールレーダによる水平孔での岩盤内3次元割れ目分布調査
Evaluation of the 3-D Distribution of Fractures in a Rock Mass using Directional Borehole Radar Data from a Horizontal Borehole

*升元 一彦[1]、松下 智昭[2]、白鷺 卓[1]、植木 隆[3]、唐澤 信輔[3]、牧野 大樹[3]、和田 一成[4]
*Kazuhiko Masumoto[1], Tomoaki Matsushita[2], Suguru Shirasagi[1], Takashi Ueki[3], Shinsuke Karasawa[3], Daiki Makino[3], Kazushige Wada[4]

1. 鹿島建設株式会社 技術研究所、2. 鹿島建設株式会社 中部支店、3. 松永ジオサーベイ株式会社、4. 三井金属資源開発株式会社
1. Kajima Technical Research Institute, 2. Kajima Corporation, 3. Matsunaga Geo-Survey Co., Ltd., 4. Mitsui Mineral Development Engineering Co., Ltd.

山岳トンネルにおいて遭遇する施工中の切羽崩壊等の地質トラブルを回避するためには、事前に切羽前方の割れ目に関する情報を取得しておくことが重要である。そのための調査手法として、先進水平ボーリングが広く利用されているが、コストや工期の面から単一孔での調査になり、割れ目の広がりや分布を評価するのは困難であった。筆者らは単一孔であっても割れ目の位置だけでなく、その3次元的分布を評価可能な指向性ボアホールレーダを先進水平ボーリングへ適用することによる切羽前方探査手法の開発を進めている。本研究では、水平孔での探査手法の検討と現場試験を実施したので、その結果を報告する。

指向性ボアホールレーダの特長は、複数本の受信アンテナ素子が円形アレー状に配置されているため、素子間の反射波の到達時間差から到来方向を推定することができ、さらに、送受信アンテナ間の間隔を一定のまま深度方向に微小に移動させて得た2深度の反射波の平均到達時間から、探査対象の3次元位置を推定することができることである。

レーダを水平孔に適用する場合、孔崩れ防止策が大きな課題となる。この際、高周波電磁波による計測を行うため、非鋼製材の保孔管が必要になる。そこで、トンネル補助工法の一つFRP Injection Tube工法（以下，FIT工法）で使われているガラス繊維強化プラスチック（GFRP）製のFIT管を保孔管として適用することにした。一方で、構造上FIT管同士を繋ぐスリーブ（L=0.2m）は鋼製材となるため、探査結果への影響が懸念された。そこで、スリーブがレーダ探査へ与える影響を確認するため、地表面下約1mのガス管（φ85mm）を探査ターゲットとした基礎試験を実施した。この結果、FIT管ありの場合でも、検出した反射点の位置はほぼガス管に一致した。スリーブは探査結果にほとんど影響を与えないことから、FIT管を保孔管として利用できることが確認できた。

次に、花崗岩主体のトンネル側壁に水平に削孔したボーリング孔において、岩盤割れ目を探査ターゲットとした現場試験を実施した。最初にボアホールカメラで孔内を撮影し、次に水平ボーリングをFIT管で保孔し、その中に指向性ボアホールレーダを挿入し、孔口から深度4m～18m範囲を0.1m間隔でデータ収録した。ボアホールカメラの孔内画像から破砕帯5箇所、開口割れ目24本を確認した。また、波形データからは計8個の反射面からの反射波を抽出し、各反射波の到達時間を解析して、反射面の走向傾斜とボーリング孔との交差深度を算出した。両者の比較から、各反射面の走向傾斜はボアホールカメラで得られた破砕帯や開口割れ目の走向傾斜とほぼ一致した。一方、ボアホールカメラで捉えられた破砕帯や開口割れ目の内いくつかは指向性ボアホールレーダの反射面として抽出されておらず、このことは孔内画像として捉えられていても孔壁から奥行き方向へ連続性が乏しい割れ目があることを示している。指向性ボアホールレーダを用いることで、比較的連続性の大きい割れ目の３次元分布が把握できると考えられる。

キーワード：ボアホールレーダ、水平ボーリング、割れ目分布
Keywords: borehole radar, horizontal borehole, distribution of fractures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2 GHz ホーンアンテナを用いた劣化コンクリート橋梁床版の自動検出
Automatic Detection of Deteriorated Concrete Bridge Deck using 2 GHz Horn Antennae

*青池 邦夫[1]、田中 正吾[2]、高瀬 尚人[1]、松山 明男[1]、山内 政也[1]、宇野 嘉伯[1]
*Kunio Aoike[1], Shogo Tanaka[2], Naoto Takase[1], Akio Matsuyama[1], Masaya Yamauchi[1], Yoshinori Uno[1]

1. 応用地質株式会社、2. 山口大学名誉教授
1. OYO Corporation, 2. Professor Emeritus of Yamaguchi Univ.

In 10 years, about 40% road bridges in Japan will become over 50 years old after the construction. Although many inspections have been conducted to the aged road bridges, the upper part of the bridge deck is impossible to inspect visually because of the asphalt concrete layer covering the bridge decks. It is becoming an important problem that slab deterioration is often generated in the upper part of the aged concrete bridge deck. Thus, it is becoming urgently necessary for the deterioration of the aged concrete bridge deck to be detected and repaired to elongate the life of the bridge. Ground penetrating radar (GPR) mounted on a vehicle is one of the effective non-destructive methods, which enables us to inspect the deterioration under no traffic control. A high pulse resolution is required to the GPR to detect anomalies beneath the asphalt concrete layer of the thickness of about 8cm. Adding to it, both a high scan rate in data acquisition and a safe mounting way of the GPR on vehicle are required to achieve the accurate and high-resolution inspection with a high speed traveling of the inspection cars. We adopted the horn antenna, produced by GSSI, whose central frequency is 2 GHz. The antenna can detect reflection waves from the boundary between the asphalt layer and the concrete bridge deck, and also can distinguish them from the surface reflection wave of the asphalt surface. SIR-30 type radar system having 8 channels enables us to realize 989 scans per second with 512 samples, thus it can realize the inspection under the vehicle speed up to 80km/h. We also mount the GPR antennae to the height of 45cm (i.e., lift off) from the road surface. This mounting is important for safe traveling of the inspection vehicle. 8 antennae are mounted on a boat trailer towed by vehicle and aligned in the transverse line to the moving direction. It allows us to scan about 1.7m width at one time. For the inspection of the deterioration of the concrete bridge deck, we developed an automatic processing system. This method predicts a received signal by using two empirical reflection waveforms. We acquired in advance surface reflection waveform and asphalt bottom reflection waveform from an experiment using a real size physical model. We determined the arrival time and the amplitude for each empirical waveform by matching the linear combination of the two empirical waveforms and the actual received signal. To visualize the anomaly distribution of the concrete bridge deck and to inspect the deterioration, we made three types of 2 dimensional maps on thickness of asphalt layer, relative reflectivity at the asphalt bottom, and the fitness between the received and the predicted waveforms. As the results, we could successfully detect the anomalies and delineate their extents. Fig. 1 shows an example of the processing results on a concrete bridge deck model which simulated slab deterioration. We have a plan to continue to modify and update the proposed method by applying the method to real road bridges as a future work.

キーワード：地中レーダ、ホーンアンテナ、橋梁床版
Keywords: Ground Panetrating Radar, horn antenna, bridge deck

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

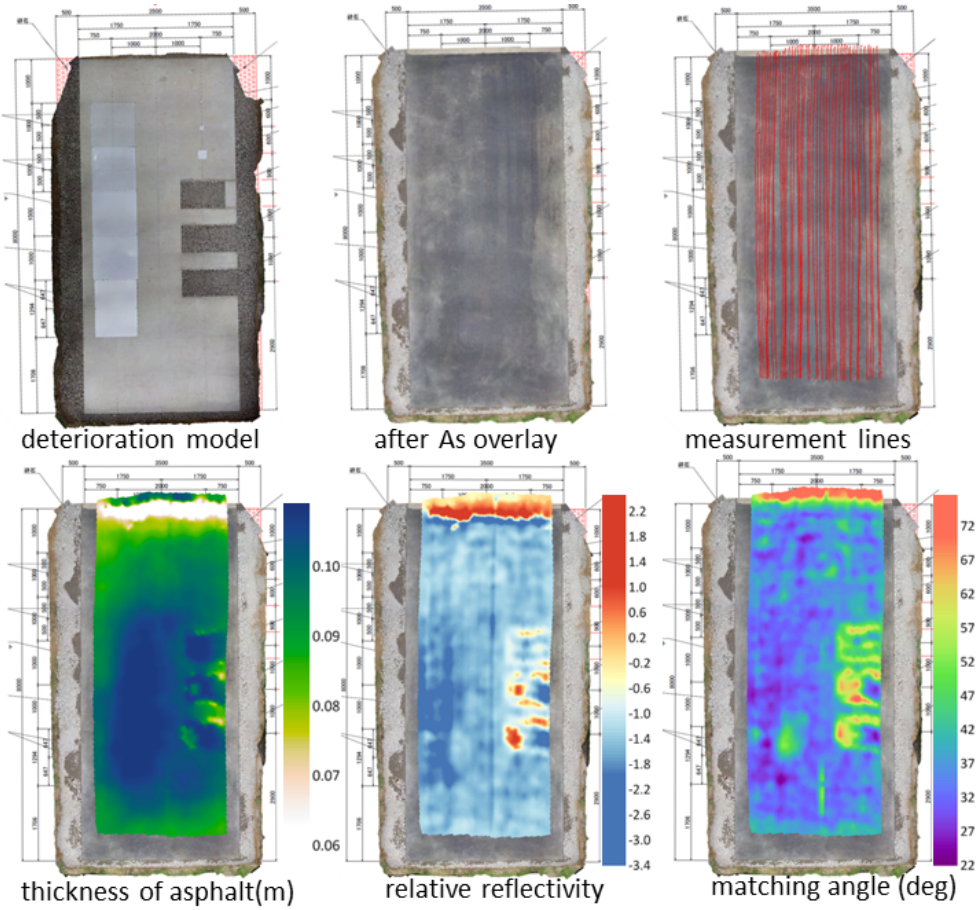


Fig. 1 Simulated deterioration model of concrete bridge deck and the results of automatic processing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

The shallow structure imaging of integrated geophysical surveying of GPR and ERT at Oyunuma in the Goshougake geothermal area, northeast of Japan

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1]
*Inoue Yusuke[1], Tomoki Tsutsui[1], Shinya Sakanaka[1]

1. 秋田大学国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences in Akita University

後生掛地熱地域は秋田焼山，八幡平火山群といった活動的火山に囲まれる地域で，温泉湧出，高温湯沼，泥火山群などの活発な地熱現象が観察できる遊歩道が整備されている．この遊歩道で2016年秋に新たな泥火山噴出により一部の歩道が破損し，通行止めの区間を生じた．この事例を受けて，観光客の安全を守るためには遊歩道直下の詳細な地下構造の解明が必要であり，地球物理学的手法による地下構造探査は有効な手段として期待される．

後生掛地熱地域周辺で行われた地球物理学的地下構造探査の先行研究例では，与良・伊藤 (1974)によって行われた北八幡平地域の重力探査，磁気探査，電気探査，地震探査や，内田・光畑 (1995)によって行われた空中電磁探査，MT探査，電気探査がある．しかし，これらの先行研究では広域的な探査であり，遊歩道直下の浅部地下構造イメージングを目的とした研究は行われていない．そこで本研究では，遊歩道直下の深さ10 m程度までの電磁気学的な構造を解明するために地中レーダー探査と電気探査の統合物理探査を行った．

地中レーダー探査では全長172 mの測線を展開した．装置はGSSI社製SIR-3000を使用し，100 MHz, 270 MHz, 400 MHz, 900 MHzの4種類のアンテナを使用した．測定には送受信アンテナ間隔を一定にするプロファイル測定によって観測を行った．電気探査では電極間隔は4 m, 使用電極は48 本として全長188 mの測線を展開した．装置はIRIS社製SYSCAL Proを使用した．電極配列はダイポール・ダイポール法を用いた．

地中レーダー探査のデータ解析は，時間ゼロ補正，バックグラウンド除去処理，帯域通過フィルター処理(BPF処理)，自己相関，予測デコンボリューション，速度解析，深度変換を行った．4種類のアンテナによる反射記録に対してBPF処理を行い得られた時間断面から，往復走時75～100 nsの間に明瞭な反射面群が現われた．ここで明瞭な反射面群が現われた領域をブロック1～ブロック4に分類した．この反射面群は特に270 MHzアンテナによる波形記録で明瞭であったため，270 MHzの結果で分類した各ブロック別に詳細な解析を行った．

地中レーダー探査で得られる反射記録は時間スケールであり，深さスケールで議論するためには地下媒質の正確な電磁波速度を求める必要がある．そこで本研究では地中レーダー探査プロファイル測定で適用可能な速度解析プログラムをVisual Studio 2015 C#を用いて開発し，BPF処理断面で分類したブロック別に正確な地下媒質の電磁波平均速度を求めた．本プログラムはセンブランス値を求めて最適な平均速度を評価する速度スペクトル法を適用した．センブランス値とはある時間窓に含まれる波形のトータルの入力エネルギーと同じ時間窓の中でスタックした波のエネルギーの比を表したものである(本多,2014)．速度解析の結果から求められた電磁波平均速度は0.093～0.147 m/nsとなった．電磁波平均速度を求める上で，多重反射波が現われる複雑な構造に対してはBPF処理後に予測デコンボリューション処理を実施した反射記録で速度解析行うと最適な速度が求まりやすいことが明らかとなった．この予測デコンボリューション処理のパラメーターを決定するために必要な自己相関関数の計算も自作プログラムを使用した．速度解析によって求められた電磁波平均速度を用いて深度変換を行ったところ，明瞭な反射面群は遊歩道の路面から深さ4～5 mに集中することが明らかとなった．

電気探査の解析には有限差分法による二次元比抵抗インバージョンを行った．電気探査の解析で得た比抵抗断面において比抵抗値が著しく低い領域は地表に硫黄ガスが噴出する噴出孔を伴う露頭の位置と対応している

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ことが明らかとなった．このことから，比抵抗が著しく低い領域は熱水を通す層であると言える．
　電気探査と地中レーダー探査の統合解析からブロック1,2,3,4のいずれのブロックにおいても明瞭な反射面群が現われる領域は高比抵抗から低比抵抗に変化する領域に集中していることが明らかとなった．従ってレーダー波の明瞭な反射面群は熱水を通す低比抵抗帯と熱水を通さない高比抵抗帯の境界領域で現われることが明らかになったと言える．これは後生掛地熱地域大湯沼周辺の浅部地下構造の解明に寄与すると考えられる．

キーワード：地中レーダー、速度スペクトル、比抵抗
Keywords: GPR, Velocity spectrum, Resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

The P and S wave velocity and geological conditions of shallow surrounding tunnel ground by velocity logging on tunnel side wall

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2]
*Kenji OKAZAKI[1], Toshiyuki KURAHASHI[1], Hiroumi NIWA[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2. （株）フジタ
1. Civil Engineering Research Institute for cold region, Public Works Research Institute, 2. FUJITA corporation

トンネルの維持管理では、周辺地山の緩みや劣化の状態を把握することが必要になる場合がある。その状態を推定できるひとつの方法として速度検層がある。速度検層は、ボーリング孔内でP波とS波速度が測定する方法であり、その速度分布をもとに地山の状態を推定できる。通常、Ｓ波速度は、地盤面に水平に置いた厚板へ上載荷重をかけて、板たたきすることで測定される。しかし、トンネル坑内で水平方向の地山を対象にＳ波速度を測定するには、側壁部のコンクリート面を起振する必要があり、その起振に用いる厚板を側壁面に固定する必要がある。陶山ほか2018では、厚板を長さ30cmのスパイクにより地盤に固定した状態で打撃を行い、スパイクで固定しない場合と比べて、明瞭かつ同等な波形が測定されること、また、Ｓ波の振幅が2倍程度に増幅されたことを報告している。

本調査では、矢板工法で建設されたトンネルにおいて、水平方向の地山を対象として、側壁部のＡとＢの2地点でコアドリル（丹羽ほか2017）により、Ａ地点では5.0ｍ、Ｂ地点では3.8ｍを掘削してコアを採取した。また、それぞれの孔内でダウンホール法による速度検層を行い、掘削コアの性状とＰ波・Ｓ波速度との対応を比較した。なお、Ｐ波速度は、ボーリング孔周辺の側壁のコンクリート面を直接金槌で打撃して測定した。Ｓ波速度は、側壁のコンクリート面にそれぞれアンカーを4本打ち込み、厚板とした枕木をネジ式のアンカー棒で密着させるように固定し、両方向から厚板を金槌で打撃して測定した。

コアドリルによる掘削の結果、A地点では、0.87mの覆工コンクリート背面に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診でやや金属音を発する棒状のコアとして採取した。B地点では、0.75mの覆工コンクリート背面に同様に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診で濁音を発する40cm程度までの短柱状のコアとして採取した。

速度検層の結果、A地点でのP波速度は2170m/s、S波速度は1050m/sであった。また、両方向から打撃したS波も反転波形が対称に測定できていることを確認した。B地点でのP波速度は980m/s、S波速度は550m/sであり、A地点より低い傾向を確認した。これは、両地点では、同じ安山岩が分布するが、B地点はA地点よりも劣化や亀裂が多い状況であることが原因と考えられる。なお、B地点のS波の反転波形も対称に測定できていることを確認した。

本調査では、トンネル水平方向の地山を対象としたS波速度を側壁部コンクリートの鉛直面で測定し、良好な波形を得ることができた。本調査のような簡易な方法で、トンネルの浅部地山の速度分布を把握することができ、地山の状態を評価するための情報を得ることができた。

【参考文献】

陶山雄介・阪田 暁・曽我大介・渡辺俊樹・相澤隆生：PS検層の品質改善に向けた現地試験結果、日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会、平成30年度研究発表会講演予稿集、第38号、pp.33-36、2018.6.

丹羽廣海・村山秀幸・岡崎健治：コアドリルを用いたトンネル覆工背面の簡便な調査方法について、土木学会第72回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-311、pp.621-622、2017.9.

キーワード：トンネル、速度検層、地質調査、コアドリル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: tunnel, velocity logging, geological survey, core drill

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析
Rock physical interpretation of the relationship between S-wave velocity and fluid saturation in rocks

*高橋 亨[1]
*Toru Takahashi[1]

1. 公益財団法人深田地質研究所
1. Fukada Geological Institute

岩石中の流体（水）飽和度と弾性波速度の関係については，これまでにも多くの研究があるが，S波速度については，飽和度の増加に伴って増加する場合と減少する場合が報告されており，P波速度よりも複雑な様相を呈している．近年，表面波を利用した地下の探査やモニタリング手法の適用が急速に拡大しており，その伝播を支配する地盤のS波速度の重要性はさらに増大している．そこで，本研究では，岩石中の流体飽和度とS波速度の関係を理解し，モデル化することを目的に，各種岩石の室内試験で得られた弾性波速度，特にS波速度と流体飽和度との関係を解析し，上記のような観測結果を説明可能かどうかについての検討を行った．その結果，S波速度については，岩石の種類や年代等によって両物性の関係が変化すること，ならびに，それらの関係を岩石物理モデルで表現することが可能であることが確かめられた．

キーワード：S波速度、飽和度、岩石物理モデル
Keywords: S-wave velocity, fluid saturation, rock physics model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究
Estimation of Rayleigh wave group velocities in Zushi City using seismic interferometry in the short period range

*上野 潤[1]、小田 義也[1]
*jun ueno[1], Yoshiya - Oda[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

常時微動から短期周期帯域の群速度を推定するために、神奈川県逗子市で観測された微動データに地震波干渉法を適用した。本研究では、観測点58地点から82ペアを作成し、マルチプルフィルタ解析により群速度分散曲線を算出した。微動アレイ探査の結果と比較したところ、両者は概ね一致することがわかった。

キーワード：地震波干渉法、群速度、短期周期
Keywords: seismic interferometry, group velocity, short period range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得
Acquiring distributions of phase velocity for wave frequency to use DAS for surface wave method

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1]
*Kyosuke Onishi[1], Kobayashi Takayuki[1], Takanori Ogahara[1], Tomio INAZAKI[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

近年光ファイバーを用いた分布型音響センシング（distributed acoustic sensing：DAS）技術の開発が進んでいる。石油開発の試験坑井を用いた探査で試験探査の報告が頻繁に行われている。一方，浅部地盤用途では，DASは低価格な光ファイバーをセンサーとして長区間の記録が取得できるため，特にモニタリング用途に将来性が期待されている。堤防探査や浅部地盤調査等で弾性波を用いた物理探査を行う際に，現在主流な方法は表面波探査である。したがって，DAS技術を用いて浅部地盤探査を行う際に，表面波の記録を観測し，解析できることが重要となる。そこで，土研構内に埋設設置した光ファイバーを用いて，表面波の記録を取得した。ジオフォンに比べるとs/nは不良であるが，表面波の伝播が特定できる波形記録が得られた。CMP-CC解析により周波数ごとの位相速度を求めたところ，良好な分散特性イメージを得ることができた。最短波長で約6.5mの波の位相速度を特定することができた。ただし，一部の地点では位相速度の特定を行うことができておらず，原因解明と解析手法の改良を行っている。安定して分散曲線を取得できるようになれば，DASを用いることにより表面波探査が行えるようになり，普及開発へ向けた技術開発の促進が期待される。

キーワード：光ファイバー、表面波探査
Keywords: optical fiber, surface wave method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング
Imaging of deteriorated floor slabs using a test model by ground-penetrating radar

*尾西 恭亮[1]
*Kyosuke Onishi[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

橋梁床版は，土砂化等の発生により，急速に劣化が進行することが知られている。点検サイクル内に抜け落ちにまで発展する事例が発生し，目視点検以外の事前検知手法の開発が望まれている。地中レーダは，地下空洞探査などに広く用いられており，有効な探査手法のひとつと考えられている。しかし，地中レーダで橋梁床版の損傷域を特定するのは困難な場合が多い。この理由のひとつは，探査対象深度が浅いことにある。橋梁床版の損傷は上面から進行することが多い。橋梁床版の上面深度は舗装厚により決定される。舗装厚は5～10cm程度の範囲に入っている場合が多い。深度5～10cmという範囲は，一般的な地中レーダの記録では，空中を伝播する光速度の直接波と，地表を伝播する地盤速度の直達波が同じ走時域に混在するため，イメージングが困難となる場合が多い。そこで，橋梁床版モデルを作成し，種類の異なる地中レーダで探査を行ったので，探査記録を比較した結果を示す。床版モデルは，アスファルト舗装の着脱が容易な設計となっており，損傷域の状態を簡単に変更できる特徴を有する。この結果，損傷域の誘電特性が周囲より十分異なれば，比較的に容易に異常信号を検知できることがわかった。しかし，検知された異常信号を用いても，表面からの深さ，粒径，水分状態などの異常の状態を特定するには困難であるため，床版モデルや数値計算等の解析を進め，信号特性を把握した上で，実際の床版の記録を解釈することが重要となる。

キーワード：地中レーダ、床版
Keywords: ground-penetrating radar, floor slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

The shallow structure imaging of integrated geophysical surveying of GPR and ERT at Oyunuma in the Goshougake geothermal area, northeast of Japan

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1]
*Inoue Yusuke[1], Tomoki Tsutsui[1], Shinya Sakanaka[1]

1. 秋田大学国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences in Akita University

後生掛地熱地域は秋田焼山，八幡平火山群といった活動的火山に囲まれる地域で，温泉湧出，高温湯沼，泥火山群などの活発な地熱現象が観察できる遊歩道が整備されている．この遊歩道で2016年秋に新たな泥火山噴出により一部の歩道が破損し，通行止めの区間を生じた．この事例を受けて，観光客の安全を守るためには遊歩道直下の詳細な地下構造の解明が必要であり，地球物理学的手法による地下構造探査は有効な手段として期待される．

後生掛地熱地域周辺で行われた地球物理学的地下構造探査の先行研究例では，与良・伊藤 (1974)によって行われた北八幡平地域の重力探査，磁気探査，電気探査，地震探査や，内田・光畑 (1995)によって行われた空中電磁探査，MT探査，電気探査がある．しかし，これらの先行研究では広域的な探査であり，遊歩道直下の浅部地下構造イメージングを目的とした研究は行われていない．そこで本研究では，遊歩道直下の深さ10 m程度までの電磁気学的な構造を解明するために地中レーダー探査と電気探査の統合物理探査を行った．

地中レーダー探査では全長172 mの測線を展開した．装置はGSSI社製SIR-3000を使用し，100 MHz, 270 MHz, 400 MHz, 900 MHzの4種類のアンテナを使用した．測定には送受信アンテナ間隔を一定にするプロファイル測定によって観測を行った．電気探査では電極間隔は4 m, 使用電極は48 本として全長188 mの測線を展開した．装置はIRIS社製SYSCAL Proを使用した．電極配列はダイポール・ダイポール法を用いた．

地中レーダー探査のデータ解析は，時間ゼロ補正，バックグラウンド除去処理，帯域通過フィルター処理(BPF処理)，自己相関，予測デコンボリューション，速度解析，深度変換を行った．4種類のアンテナによる反射記録に対してBPF処理を行い得られた時間断面から，往復走時75～100 nsの間に明瞭な反射面群が現われた．ここで明瞭な反射面群が現われた領域をブロック1～ブロック4に分類した．この反射面群は特に270 MHzアンテナによる波形記録で明瞭であったため，270 MHzの結果で分類した各ブロック別に詳細な解析を行った．

地中レーダー探査で得られる反射記録は時間スケールであり，深さスケールで議論するためには地下媒質の正確な電磁波速度を求める必要がある．そこで本研究では地中レーダー探査プロファイル測定で適用可能な速度解析プログラムをVisual Studio 2015 C#を用いて開発し，BPF処理断面で分類したブロック別に正確な地下媒質の電磁波平均速度を求めた．本プログラムはセンブランス値を求めて最適な平均速度を評価する速度スペクトル法を適用した．センブランス値とはある時間窓に含まれる波形のトータルの入力エネルギーと同じ時間窓の中でスタックした波のエネルギーの比を表したものである(本多,2014)．速度解析の結果から求められた電磁波平均速度は0.093～0.147 m/nsとなった．電磁波平均速度を求める上で，多重反射波が現われる複雑な構造に対してはBPF処理後に予測デコンボリューション処理を実施した反射記録で速度解析行うと最適な速度が求まりやすいことが明らかとなった．この予測デコンボリューション処理のパラメーターを決定するために必要な自己相関関数の計算も自作プログラムを使用した．速度解析によって求められた電磁波平均速度を用いて深度変換を行ったところ，明瞭な反射面群は遊歩道の路面から深さ4～5 mに集中することが明らかとなった．

電気探査の解析には有限差分法による二次元比抵抗インバージョンを行った．電気探査の解析で得た比抵抗断面において比抵抗値が著しく低い領域は地表に硫黄ガスが噴出する噴出孔を伴う露頭の位置と対応している

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ことが明らかとなった．このことから，比抵抗が著しく低い領域は熱水を通す層であると言える．
　電気探査と地中レーダー探査の統合解析からブロック1,2,3,4のいずれのブロックにおいても明瞭な反射面群が現われる領域は高比抵抗から低比抵抗に変化する領域に集中していることが明らかとなった．従ってレーダー波の明瞭な反射面群は熱水を通す低比抵抗帯と熱水を通さない高比抵抗帯の境界領域で現われることが明らかになったと言える．これは後生掛地熱地域大湯沼周辺の浅部地下構造の解明に寄与すると考えられる．

キーワード：地中レーダー、速度スペクトル、比抵抗
Keywords: GPR, Velocity spectrum, Resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

The P and S wave velocity and geological conditions of shallow surrounding tunnel ground by velocity logging on tunnel side wall

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2]
*Kenji OKAZAKI[1], Toshiyuki KURAHASHI[1], Hiroumi NIWA[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2. （株）フジタ
1. Civil Engineering Research Institute for cold region, Public Works Research Institute, 2. FUJITA corporation

トンネルの維持管理では、周辺地山の緩みや劣化の状態を把握することが必要になる場合がある。その状態を推定できるひとつの方法として速度検層がある。速度検層は、ボーリング孔内でP波とS波速度が測定する方法であり、その速度分布をもとに地山の状態を推定できる。通常、Ｓ波速度は、地盤面に水平に置いた厚板へ上載荷重をかけて、板たたきすることで測定される。しかし、トンネル坑内で水平方向の地山を対象にＳ波速度を測定するには、側壁部のコンクリート面を起振する必要があり、その起振に用いる厚板を側壁面に固定する必要がある。陶山ほか2018では、厚板を長さ30cmのスパイクにより地盤に固定した状態で打撃を行い、スパイクで固定しない場合と比べて、明瞭かつ同等な波形が測定されること、また、Ｓ波の振幅が2倍程度に増幅されたことを報告している。

本調査では、矢板工法で建設されたトンネルにおいて、水平方向の地山を対象として、側壁部のＡとＢの2地点でコアドリル（丹羽ほか2017）により、Ａ地点では5.0ｍ、Ｂ地点では3.8ｍを掘削してコアを採取した。また、それぞれの孔内でダウンホール法による速度検層を行い、掘削コアの性状とＰ波・Ｓ波速度との対応を比較した。なお、Ｐ波速度は、ボーリング孔周辺の側壁のコンクリート面を直接金槌で打撃して測定した。Ｓ波速度は、側壁のコンクリート面にそれぞれアンカーを4本打ち込み、厚板とした枕木をネジ式のアンカー棒で密着させるように固定し、両方向から厚板を金槌で打撃して測定した。

コアドリルによる掘削の結果、A地点では、0.87mの覆工コンクリート背面に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診でやや金属音を発する棒状のコアとして採取した。B地点では、0.75mの覆工コンクリート背面に同様に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診で濁音を発する40cm程度までの短柱状のコアとして採取した。

速度検層の結果、A地点でのP波速度は2170m/s、S波速度は1050m/sであった。また、両方向から打撃したS波も反転波形が対称に測定できていることを確認した。B地点でのP波速度は980m/s、S波速度は550m/sであり、A地点より低い傾向を確認した。これは、両地点では、同じ安山岩が分布するが、B地点はA地点よりも劣化や亀裂が多い状況であることが原因と考えられる。なお、B地点のS波の反転波形も対称に測定できていることを確認した。

本調査では、トンネル水平方向の地山を対象としたS波速度を側壁部コンクリートの鉛直面で測定し、良好な波形を得ることができた。本調査のような簡易な方法で、トンネルの浅部地山の速度分布を把握することができ、地山の状態を評価するための情報を得ることができた。

【参考文献】

陶山雄介・阪田 暁・曽我大介・渡辺俊樹・相澤隆生：PS検層の品質改善に向けた現地試験結果、日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会、平成30年度研究発表会講演予稿集、第38号、pp.33-36、2018.6.

丹羽廣海・村山秀幸・岡崎健治：コアドリルを用いたトンネル覆工背面の簡便な調査方法について、土木学会第72回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-311、pp.621-622、2017.9.

キーワード：トンネル、速度検層、地質調査、コアドリル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: tunnel, velocity logging, geological survey, core drill

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析
Rock physical interpretation of the relationship between S-wave velocity and fluid saturation in rocks

*高橋 亨[1]
*Toru Takahashi[1]

1. 公益財団法人深田地質研究所
1. Fukada Geological Institute

岩石中の流体（水）飽和度と弾性波速度の関係については，これまでにも多くの研究があるが，S波速度については，飽和度の増加に伴って増加する場合と減少する場合が報告されており，P波速度よりも複雑な様相を呈している．近年，表面波を利用した地下の探査やモニタリング手法の適用が急速に拡大しており，その伝播を支配する地盤のS波速度の重要性はさらに増大している．そこで，本研究では，岩石中の流体飽和度とS波速度の関係を理解し，モデル化することを目的に，各種岩石の室内試験で得られた弾性波速度，特にS波速度と流体飽和度との関係を解析し，上記のような観測結果を説明可能かどうかについての検討を行った．その結果，S波速度については，岩石の種類や年代等によって両物性の関係が変化すること，ならびに，それらの関係を岩石物理モデルで表現することが可能であることが確かめられた．

キーワード：S波速度、飽和度、岩石物理モデル
Keywords: S-wave velocity, fluid saturation, rock physics model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究
Estimation of Rayleigh wave group velocities in Zushi City using seismic interferometry in the short period range

*上野 潤[1]、小田 義也[1]
*jun ueno[1], Yoshiya - Oda[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

常時微動から短期周期帯域の群速度を推定するために、神奈川県逗子市で観測された微動データに地震波干渉法を適用した。本研究では、観測点58地点から82ペアを作成し、マルチプルフィルタ解析により群速度分散曲線を算出した。微動アレイ探査の結果と比較したところ、両者は概ね一致することがわかった。

キーワード：地震波干渉法、群速度、短期周期
Keywords: seismic interferometry, group velocity, short period range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得
Acquiring distributions of phase velocity for wave frequency to use DAS for surface wave method

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1]
*Kyosuke Onishi[1], Kobayashi Takayuki[1], Takanori Ogahara[1], Tomio INAZAKI[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

近年光ファイバーを用いた分布型音響センシング（distributed acoustic sensing：DAS）技術の開発が進んでいる。石油開発の試験坑井を用いた探査で試験探査の報告が頻繁に行われている。一方，浅部地盤用途では，DASは低価格な光ファイバーをセンサーとして長区間の記録が取得できるため，特にモニタリング用途に将来性が期待されている。堤防探査や浅部地盤調査等で弾性波を用いた物理探査を行う際に，現在主流な方法は表面波探査である。したがって，DAS技術を用いて浅部地盤探査を行う際に，表面波の記録を観測し，解析できることが重要となる。そこで，土研構内に埋設設置した光ファイバーを用いて，表面波の記録を取得した。ジオフォンに比べるとs/nは不良であるが，表面波の伝播が特定できる波形記録が得られた。CMP-CC解析により周波数ごとの位相速度を求めたところ，良好な分散特性イメージを得ることができた。最短波長で約6.5mの波の位相速度を特定することができた。ただし，一部の地点では位相速度の特定を行うことができておらず，原因解明と解析手法の改良を行っている。安定して分散曲線を取得できるようになれば，DASを用いることにより表面波探査が行えるようになり，普及開発へ向けた技術開発の促進が期待される。

キーワード：光ファイバー、表面波探査
Keywords: optical fiber, surface wave method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング
Imaging of deteriorated floor slabs using a test model by ground-penetrating radar

*尾西 恭亮[1]
*Kyosuke Onishi[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

橋梁床版は，土砂化等の発生により，急速に劣化が進行することが知られている。点検サイクル内に抜け落ちにまで発展する事例が発生し，目視点検以外の事前検知手法の開発が望まれている。地中レーダは，地下空洞探査などに広く用いられており，有効な探査手法のひとつと考えられている。しかし，地中レーダで橋梁床版の損傷域を特定するのは困難な場合が多い。この理由のひとつは，探査対象深度が浅いことにある。橋梁床版の損傷は上面から進行することが多い。橋梁床版の上面深度は舗装厚により決定される。舗装厚は5～10cm程度の範囲に入っている場合が多い。深度5～10cmという範囲は，一般的な地中レーダの記録では，空中を伝播する光速度の直接波と，地表を伝播する地盤速度の直達波が同じ走時域に混在するため，イメージングが困難となる場合が多い。そこで，橋梁床版モデルを作成し，種類の異なる地中レーダで探査を行ったので，探査記録を比較した結果を示す。床版モデルは，アスファルト舗装の着脱が容易な設計となっており，損傷域の状態を簡単に変更できる特徴を有する。この結果，損傷域の誘電特性が周囲より十分異なれば，比較的に容易に異常信号を検知できることがわかった。しかし，検知された異常信号を用いても，表面からの深さ，粒径，水分状態などの異常の状態を特定するには困難であるため，床版モデルや数値計算等の解析を進め，信号特性を把握した上で，実際の床版の記録を解釈することが重要となる。

キーワード：地中レーダ、床版
Keywords: ground-penetrating radar, floor slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)

The world global environmental studies are being re-organized in the framework of Future Earth, which is considered to be an important driver to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) set by UN in 2015. Geoscience, which has traditionally been concerned about the dynamic nature and phenomena of the Earth, including lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere, is now increasingly committed to human sphere and human dimensions of global change, assuming unique roles in Future Earth and the SDGs. The session is intended to discuss the crucial issues related with them, particularly in reference to such SDGs as good health and well-being, quality education, clean water and sanitation, sustainable cities and communities, climate action, life below water and life on land. Those interested in Future Earth, SDGs, and ESD (Education for Sustainable Development) particularly those who have already started or are about to start related projects, or are interested in Future Earth Knowledge-Action Networks (KANs), such as Ocean, Food-Water-Energy Nexus, Health, Disasters, Cities, Natural Assets, will find this Session an ideal place to present his/her research results, to exchange information and ideas, and to seek new collaborative relations with other research groups and even with partners in the society.

[HCG28-P01] Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2]、Ashok - Kumar[1,2]、Ajay - Gairola[1,2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee, India、2.Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee)

[HCG28-P02] Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2] (1.Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University、2.Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences)

[HCG28-P03] 乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発---モンゴルにおける事例研究

★招待講演

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尔 徳尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3.モンゴル国立大学　文理学院)

[HCG28-P04] Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.東京大学、2.Yanbian University)

[HCG28-P05] The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.The University of Tokyo、2.Yanbian University)

Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2], Ashok - Kumar[1,2], Ajay - Gairola[1,2]

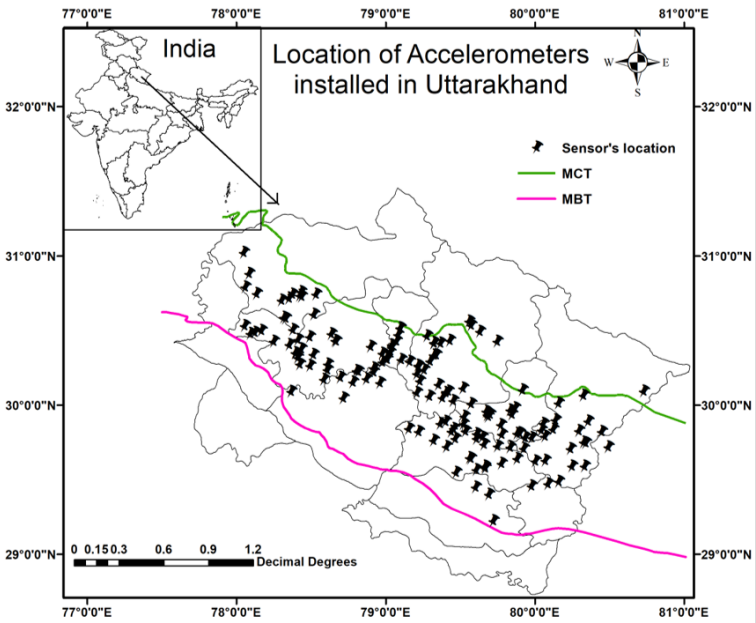
1. Indian Institute of Technology Roorkee, India, 2. Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee

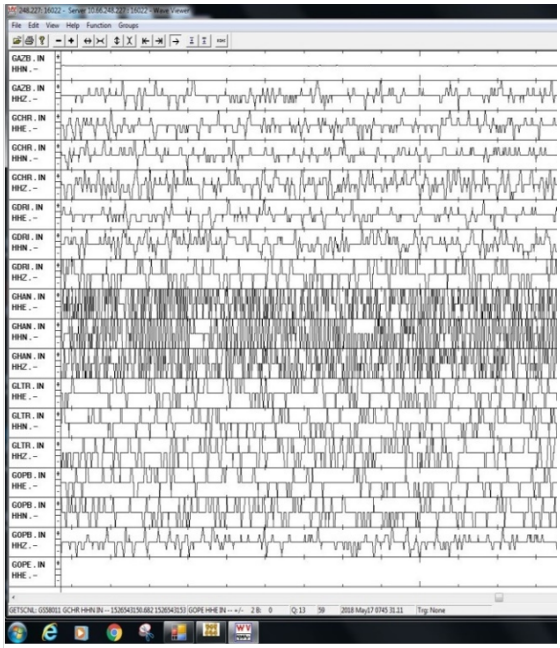
An Earthquake Early Warning System (EEWS) has been developed by Indian institute of Technology Roorkee (IIT Roorkee) for Uttarakhand, a Himalayan province of India. The region behind to set up first EEWS in India for Uttarakhand is that the main central thrust (MCT) and main boundary thrust (MBT) passes through it and central seismic gap exists in its region and seismologist envisaged a big earthquake will hit this region in near future. Under this project, 155 accelerometers have been installed in 53,483 km^2 area in the Himalayan part of Uttarakhand. These accelerometers are installed on the ground floor of government owned offices of Bharat Sanchar Nigam Limited (BSNL) mobile towers and State Wide Area Network (SWAN) available in the province. The average station to station distance is kept between 10 to 20 km which ensure the triggering of more than 6 accelerometers if an earthquake of magnitude greater than 6 triggers in the region. The data is streamed at the central server located in Earthquake Early Warning Laboratory at Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management in IIT Roorkee through private network of BSNL and SWAN on 24 ×7 basis. The location of installed accelerometers and their streaming at the Earthquake Early Warning Laboratory is shown in figure 1. Whole system is automatic and the early warning parameter is peak displacement (Pd). When an earthquake of magnitude greater than 6 will strike in the instrumented region an earthquake warning will be issued to public through the sirens. The early warning sirens are installed in the public offices, government buildings, schools, colleges of the two major cities, Dehradun and Haldwani, and all 13 district emergency operation center of the province. After hearing, earthquake alarm, people can take necessary precautionary measures. This paper presents the details of instrumentation and working of the EEWS.

Fig 1. Installed accelerometers are shown in Uttarakhand’ s map. MCT and MBT passes through the Himalayan province. Streaming of the data from accelerometer to central server at EEW laboratory is shown in the snapshot.

Keywords: Instrumentation, Accelerometers, Seismic gap, EEWS, Sirens

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2]

1. Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University, 2. Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences

Continuing rapid urbanization has led to escalating socio-economic and physical interaction between two adjacent megacities in Indonesia namely Jakarta and Bandung megacity. Physically, enhancing the connection over time has formed urban corridors that stimulate rapid land use changes as well as the expansion of urban-rural land use mixture in the vast area between the two big cities. As land use composition is essential to achieve urban sustainability, modelling land use changes is required as a tool for decision makers to assess the sustainability of different urban form. Nowadays, land use changes model has been rapidly developed owing to increasing computation capacity which is capable of incorporating previous trend of land use changes (e.g. Markov Chain), spatial correlation (e.g. Cellular Automata), and related driving factors (e.g. Logistic Regression or Neural Network) within the model. However, this model is too focused on geographical aspect, while lacking to consider socio-economic factors which spatially might have distinctive properties such as spatial heterogeneity, spatial network, and spatial multiplier effect. This paper aims to combine socioeconomic and geographical factors to analyze complex and dynamic land use systems as found in Jakarta-Bandung Megacity corridors. Land Change Modeler (LCM) from Idrisi Tersset software as a combination of Neural Network and CA-Markov model would be enhanced by incorporating socioeconomic aspects analyzed by GWR (Geographical Weighted Regression) for detecting spatial heterogeneity, gravity model for analyzing spatial network, and spatial autocorrelation model (SAM) for defining spatial multiplier effect. This model would be compared to the results of LCM as a single approach. A new model is suggested as an enhanced approach to understand multiple factors that influence land use changes in Jakarta-Bandung megacity corridors, thus more comprehensive policies can be formulated.

Keywords: Urbanization, Socioeconomic model, Geographical Model, Land Use Changes, Jakarta-Bandung Mega Urban Regions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発---モンゴルにおける事例研究

Development of an Integrated Model for Evaluation of Pasture Carrying Capacity and its Vulnerability based on Water Resources in Arid and Semi-arid Regions------A Case Study in Mongolia

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尓 徳尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3]
*Qinxue Wang[1], Tomohiro Okadera[1], Tadanobu Nakayama[1], Deni Eer[1], Ochirbat Batkhishig[2], Dorjgotov Battogtokh[2], Uudus Bayasaikhan[3]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所、2. モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3. モンゴル国立大学　文理学院
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, 3. School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

Arid and semi-arid regions cover 41% of the global land area and near 2 billion people (34.7%) live there, where fragile environment is getting more vulnerable due to climate change and human activities. Pasture carrying capacity and its vulnerability can be recognized as the integrated indicators for SDGs in arid and semi-arid regions. Our previous study revealed that climate change in past few decades caused the obvious degradation of permafrost, the water deficit of land-surface, and then the decrease of pasture productivity and carrying capacity. However, beside climate change, land use/cover changes caused by human activities such as urbanization, cultivation and mining industry may also have a large influence on pasture carrying capacity. In such regions, it is essential for us to develop some indicators to be used for sustainable management of pasture ecosystems.

In this study, we have developed an integrated model based on water resources to evaluate the pasture Carrying Capacity (CC), Grazing Pressure (GP) and Vulnerability Index (VI) under the influences of both climate change and land use/cover changes, such as urbanization, cultivation and mining & so on (Figure 1). The input data include the pasture net primary production, land use, gradient of slope and grazing density, etc. In order to evaluate the impact of land use/cover changes, we applied the model to four target areas: urban area (Ulaanbaatar City) and steppe area (Altanbulag Soum) in semi-arid regions of northern Mongolia and mining area (Khanbogd Soum) and desert (Manlai Soum) in arid regions of southern Mongolia, and the estimated result was shown in Figure 2, which indicates:

Carrying Capacity (CC): steppe area > urban area > desert area > mining area
Grazing Pressure (GP): urban area > steppe area > mining area > desert area
Vulnerability Index (VI): urban area > mining area > desert area > steppe area

We also applied the model to the Soum level in Mongolia and found that the areas with high vulnerability expanded rapidly, especially in central Mongolia in last decades. We are now trying to use the model to do sensitivity analysis to parameters, such as water accessibility, harvest index and so on, to be able to evaluate the efficiency of adaptation strategies, such as well construction for enhancing groundwater usage, forage plantation for enhancing harvest index and so on.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：牧草地環境容量、環境脆弱性、乾燥半乾燥地域、水資源
Keywords: Pasture Carrying Capacity, Environmental Vulnerability, Arid and Semi-arid Regions, Water Resources

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

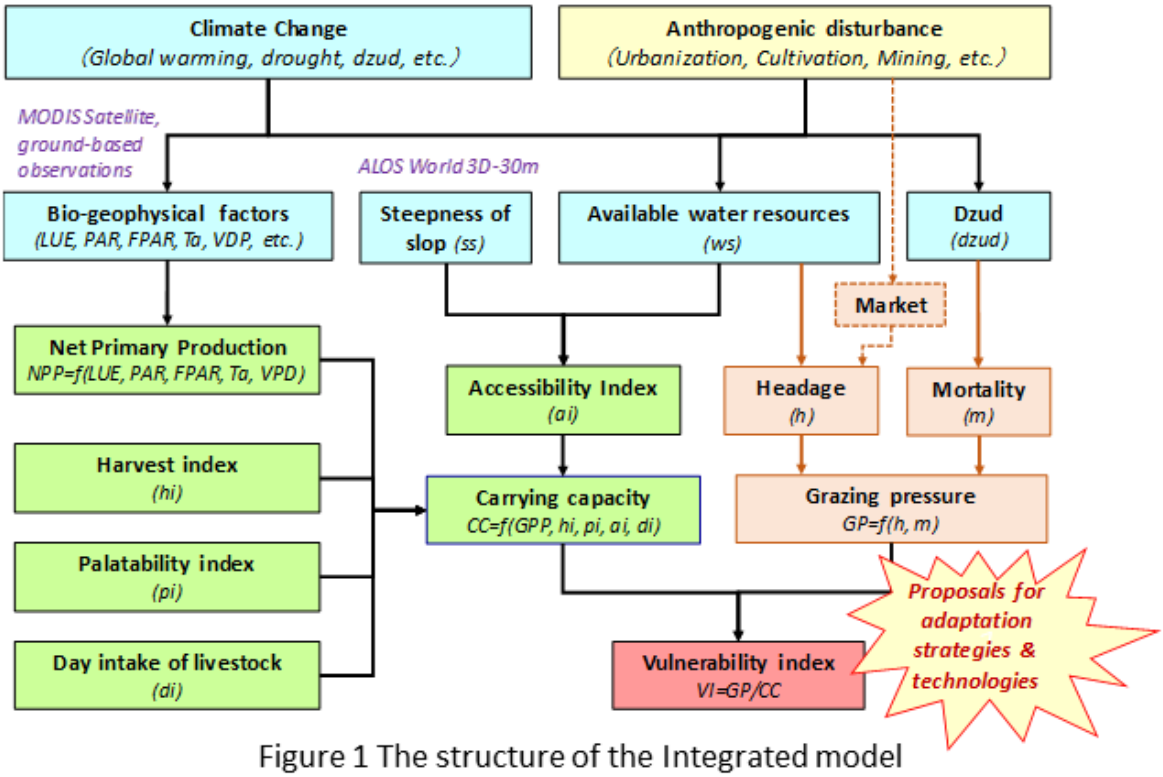


Figure 1 The structure of the Integrated model

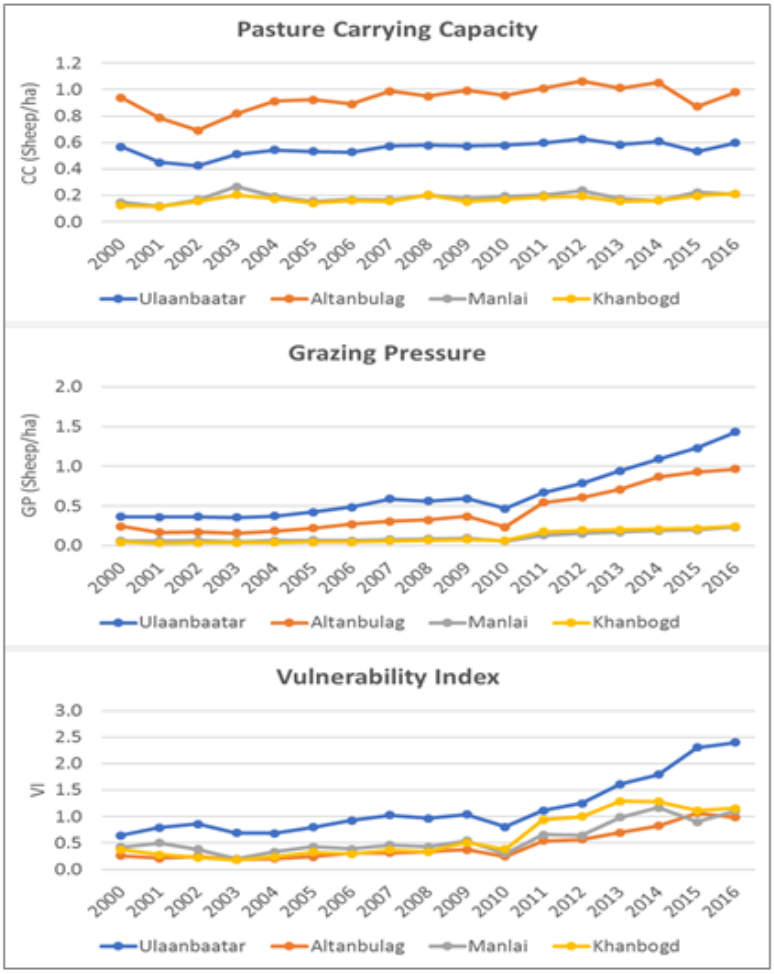


Figure 2 Evaluated pasture CC and VI in four target areas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1]
*CAO GUANGLAN[1], Kazuaki Tsuchiya[1], Weihong Zhu[2], OKURO TOSHIYA[1]

1. 東京大学、2. Yanbian University
1. The University of Tokyo, 2. Yanbian University

Wetlands are among the world’ s most productive and valuable ecosystems. They are important habitats for a variety of flora and fauna, and are vital ecosystems that provide diverse services. They not only are essential for ecological functions such as maintaining biodiversity, controlling floods, and removing pollutants, but also serve necessary economic functions in rice and fish production, transport, and hydropower energy. Despite this, they have suffered a loss of 54%–57% of their area worldwide, which continues under pressures from agriculture, urban expansion, industrialization, and resource extraction. Conservation and restoration of wetland ecosystems is important issues for conservation biodiversity and sustainable use of ecosystem services. In this study, we focus on the lower of Tumen River, Northeast China where the wetlands decreased dramatically because of reclamation. Our objective was to determine the influence of land use and management histories on vegetation structure and ecosystem services and future analyse their associations with environmental factors. The results of this study are of great significance to the impact of management measures on wetland ecosystems, as well as the analysis and evaluation of vegetation restoration.

キーワード：land use histories、vegetation dynamics、wetland restoration、ecosystem services
Keywords: land use histories, vegetation dynamics, wetland restoration, ecosystem services

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1]
*JIAN ZHANG[1], Shizuka hashimoto[1], Kazuaki Tsuchiya[1], Weihong Zhu[2], OKURO TOSHIYA[1]

1. The University of Tokyo、2. Yanbian University
1. The University of Tokyo, 2. Yanbian University

Freshwater is widely regarded as the most essential natural resource underpinning the well-being of human society, and while scientists translate it into ecosystem services' valuable processes, the supply of clean freshwater has the highest value among various provisioning services. However, due to the land-use intensification and projected warming climate, an increasing likelihood of persistent drought condition, and inadequate conservation, freshwater scarcity issues continue to gain urgency in science and policies. The fusion of the concept of ecosystem services with natural resources management nowadays represents a new conservation paradigm, but still faces notable limitations. Some scientists, noticing the occurrence of spatial mismatch between the supply and demand of ecosystem services, put forward the concept of ecosystem services flow to deal with the problem. Ecosystem services flow research brings out a spatio-temporal connection between the supply and demand, and an deepened understanding about when ,where, and how those benefits were enjoyed. Many papers also suggested that studies at landscape scale may offer a better understanding of ecosystem processes, ecosystem functions, ecosystem services and link them from one to another, as landscape patterns have long been discussed as tools for explaining numerous ecological consequences. In 2017, the annual meeting of IALE in USA as well emphasized the pressing need of integrating landscape patterns to ecosystem services. Thus the study attempt to conduct an analysis of freshwater ecosystem services flow in an intact watershed with the combination of landscape ecology theories. The conceptual framework and progress of this study will be introduced.

キーワード：freshwater ecosystem services、services flow、andscape pattern、watershed
Keywords: freshwater ecosystem services, services flow, andscape pattern, watershed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)

The world global environmental studies are being re-organized in the framework of Future Earth, which is considered to be an important driver to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) set by UN in 2015. Geoscience, which has traditionally been concerned about the dynamic nature and phenomena of the Earth, including lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere, is now increasingly committed to human sphere and human dimensions of global change, assuming unique roles in Future Earth and the SDGs. The session is intended to discuss the crucial issues related with them, particularly in reference to such SDGs as good health and well-being, quality education, clean water and sanitation, sustainable cities and communities, climate action, life below water and life on land. Those interested in Future Earth, SDGs, and ESD (Education for Sustainable Development) particularly those who have already started or are about to start related projects, or are interested in Future Earth Knowledge-Action Networks (KANs), such as Ocean, Food-Water-Energy Nexus, Health, Disasters, Cities, Natural Assets, will find this Session an ideal place to present his/her research results, to exchange information and ideas, and to seek new collaborative relations with other research groups and even with partners in the society.

[HCG28-P01] Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2]、Ashok - Kumar[1,2]、Ajay - Gairola[1,2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee, India、2.Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee)

[HCG28-P02] Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2] (1.Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University、2.Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences)

[HCG28-P03] 乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発---モンゴルにおける事例研究

★招待講演

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尔 徳尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3] (1.国立研究開発法人　国立環境研究所、2.モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3.モンゴル国立大学　文理学院)

[HCG28-P04] Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.東京大学、2.Yanbian University)

[HCG28-P05] The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1] (1.The University of Tokyo、2.Yanbian University)

Ground Motion Instrumentation Network and Earthquake Early Warning System for Uttarakhand

*Pankaj Kumar[1,2], Ashok - Kumar[1,2], Ajay - Gairola[1,2]

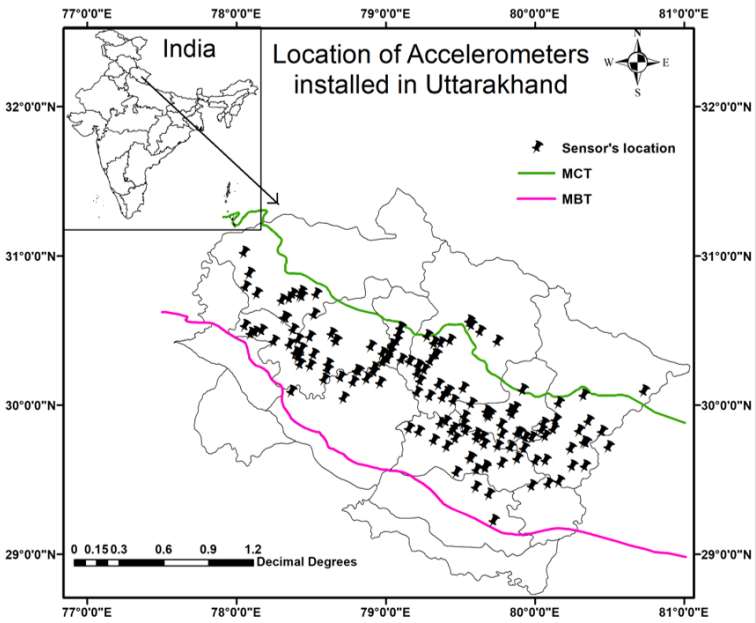
1. Indian Institute of Technology Roorkee, India, 2. Earthquake Early Warning Laboratory, Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management, IIT Roorkee

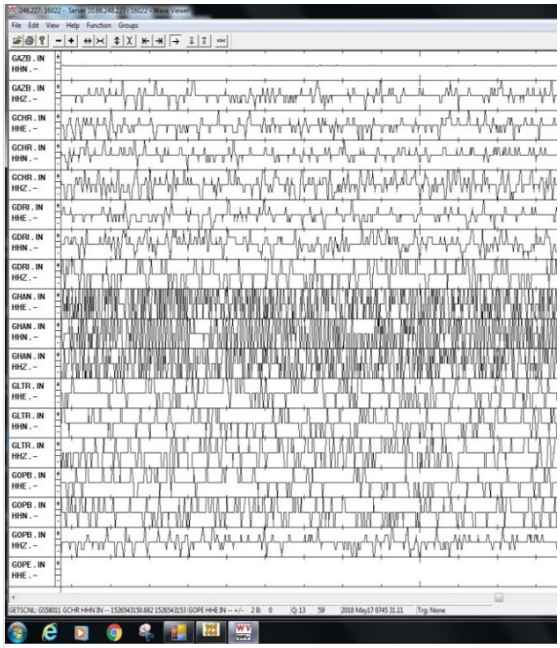
An Earthquake Early Warning System (EEWS) has been developed by Indian institute of Technology Roorkee (IIT Roorkee) for Uttarakhand, a Himalayan province of India. The region behind to set up first EEWS in India for Uttarakhand is that the main central thrust (MCT) and main boundary thrust (MBT) passes through it and central seismic gap exists in its region and seismologist envisaged a big earthquake will hit this region in near future. Under this project, 155 accelerometers have been installed in 53,483 km^2 area in the Himalayan part of Uttarakhand. These accelerometers are installed on the ground floor of government owned offices of Bharat Sanchar Nigam Limited (BSNL) mobile towers and State Wide Area Network (SWAN) available in the province. The average station to station distance is kept between 10 to 20 km which ensure the triggering of more than 6 accelerometers if an earthquake of magnitude greater than 6 triggers in the region. The data is streamed at the central server located in Earthquake Early Warning Laboratory at Centre of Excellence in Disaster Mitigation & Management in IIT Roorkee through private network of BSNL and SWAN on 24 ×7 basis. The location of installed accelerometers and their streaming at the Earthquake Early Warning Laboratory is shown in figure 1. Whole system is automatic and the early warning parameter is peak displacement (Pd). When an earthquake of magnitude greater than 6 will strike in the instrumented region an earthquake warning will be issued to public through the sirens. The early warning sirens are installed in the public offices, government buildings, schools, colleges of the two major cities, Dehradun and Haldwani, and all 13 district emergency operation center of the province. After hearing, earthquake alarm, people can take necessary precautionary measures. This paper presents the details of instrumentation and working of the EEWS.

Fig 1. Installed accelerometers are shown in Uttarakhand’ s map. MCT and MBT passes through the Himalayan province. Streaming of the data from accelerometer to central server at EEW laboratory is shown in the snapshot.

Keywords: Instrumentation, Accelerometers, Seismic gap, EEWS, Sirens

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Linking Socioeconomic and Geographical Model to Analyze Land Use Changes in the Jakarta - Bandung Mega Urban Regions

*Didit Okta Pribadi[1,2]

1. Center for Regional Systems Analysis, Planning and Development (CrestPent) - IPB University, 2. Research Center for Plant Conservation and Botanic Gardens - Indonesian Institute of Sciences

Continuing rapid urbanization has led to escalating socio-economic and physical interaction between two adjacent megacities in Indonesia namely Jakarta and Bandung megacity. Physically, enhancing the connection over time has formed urban corridors that stimulate rapid land use changes as well as the expansion of urban-rural land use mixture in the vast area between the two big cities. As land use composition is essential to achieve urban sustainability, modelling land use changes is required as a tool for decision makers to assess the sustainability of different urban form. Nowadays, land use changes model has been rapidly developed owing to increasing computation capacity which is capable of incorporating previous trend of land use changes (e.g. Markov Chain), spatial correlation (e.g. Cellular Automata), and related driving factors (e.g. Logistic Regression or Neural Network) within the model. However, this model is too focused on geographical aspect, while lacking to consider socio-economic factors which spatially might have distinctive properties such as spatial heterogeneity, spatial network, and spatial multiplier effect. This paper aims to combine socioeconomic and geographical factors to analyze complex and dynamic land use systems as found in Jakarta-Bandung Megacity corridors. Land Change Modeler (LCM) from Idrisi Tersset software as a combination of Neural Network and CA-Markov model would be enhanced by incorporating socioeconomic aspects analyzed by GWR (Geographical Weighted Regression) for detecting spatial heterogeneity, gravity model for analyzing spatial network, and spatial autocorrelation model (SAM) for defining spatial multiplier effect. This model would be compared to the results of LCM as a single approach. A new model is suggested as an enhanced approach to understand multiple factors that influence land use changes in Jakarta-Bandung megacity corridors, thus more comprehensive policies can be formulated.

Keywords: Urbanization, Socioeconomic model, Geographical Model, Land Use Changes, Jakarta-Bandung Mega Urban Regions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

乾燥半乾燥地域における水資源に基づく牧草地の環境容量およびその脆弱性の評価モデルの開発---モンゴルにおける事例研究

Development of an Integrated Model for Evaluation of Pasture Carrying Capacity and its Vulnerability based on Water Resources in Arid and Semi-arid Regions------A Case Study in Mongolia

*王 勤学[1]、岡寺 智大[1]、中山 忠暢[1]、額尓 徳尼[1]、Ochirbat Batkhishig[2]、Dorjgotov Battogtokh[2]、Uudus Bayasaikhan[3]
*Qinxue Wang[1], Tomohiro Okadera[1], Tadanobu Nakayama[1], Deni Eer[1], Ochirbat Batkhishig[2], Dorjgotov Battogtokh[2], Uudus Bayasaikhan[3]

1. 国立研究開発法人　国立環境研究所、2. モンゴル科学院　地理地質生態系研究所、3. モンゴル国立大学　文理学院
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, 3. School of Arts and Sciences, National University of Mongolia

Arid and semi-arid regions cover 41% of the global land area and near 2 billion people (34.7%) live there, where fragile environment is getting more vulnerable due to climate change and human activities. Pasture carrying capacity and its vulnerability can be recognized as the integrated indicators for SDGs in arid and semi-arid regions. Our previous study revealed that climate change in past few decades caused the obvious degradation of permafrost, the water deficit of land-surface, and then the decrease of pasture productivity and carrying capacity. However, beside climate change, land use/cover changes caused by human activities such as urbanization, cultivation and mining industry may also have a large influence on pasture carrying capacity. In such regions, it is essential for us to develop some indicators to be used for sustainable management of pasture ecosystems.

In this study, we have developed an integrated model based on water resources to evaluate the pasture Carrying Capacity (CC), Grazing Pressure (GP) and Vulnerability Index (VI) under the influences of both climate change and land use/cover changes, such as urbanization, cultivation and mining & so on (Figure 1). The input data include the pasture net primary production, land use, gradient of slope and grazing density, etc. In order to evaluate the impact of land use/cover changes, we applied the model to four target areas: urban area (Ulaanbaatar City) and steppe area (Altanbulag Soum) in semi-arid regions of northern Mongolia and mining area (Khanbogd Soum) and desert (Manlai Soum) in arid regions of southern Mongolia, and the estimated result was shown in Figure 2, which indicates:

Carrying Capacity (CC): steppe area > urban area > desert area > mining area
Grazing Pressure (GP): urban area > steppe area > mining area > desert area
Vulnerability Index (VI): urban area > mining area > desert area > steppe area

We also applied the model to the Soum level in Mongolia and found that the areas with high vulnerability expanded rapidly, especially in central Mongolia in last decades. We are now trying to use the model to do sensitivity analysis to parameters, such as water accessibility, harvest index and so on, to be able to evaluate the efficiency of adaptation strategies, such as well construction for enhancing groundwater usage, forage plantation for enhancing harvest index and so on.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：牧草地環境容量、環境脆弱性、乾燥半乾燥地域、水資源
Keywords: Pasture Carrying Capacity, Environmental Vulnerability, Arid and Semi-arid Regions, Water Resources

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

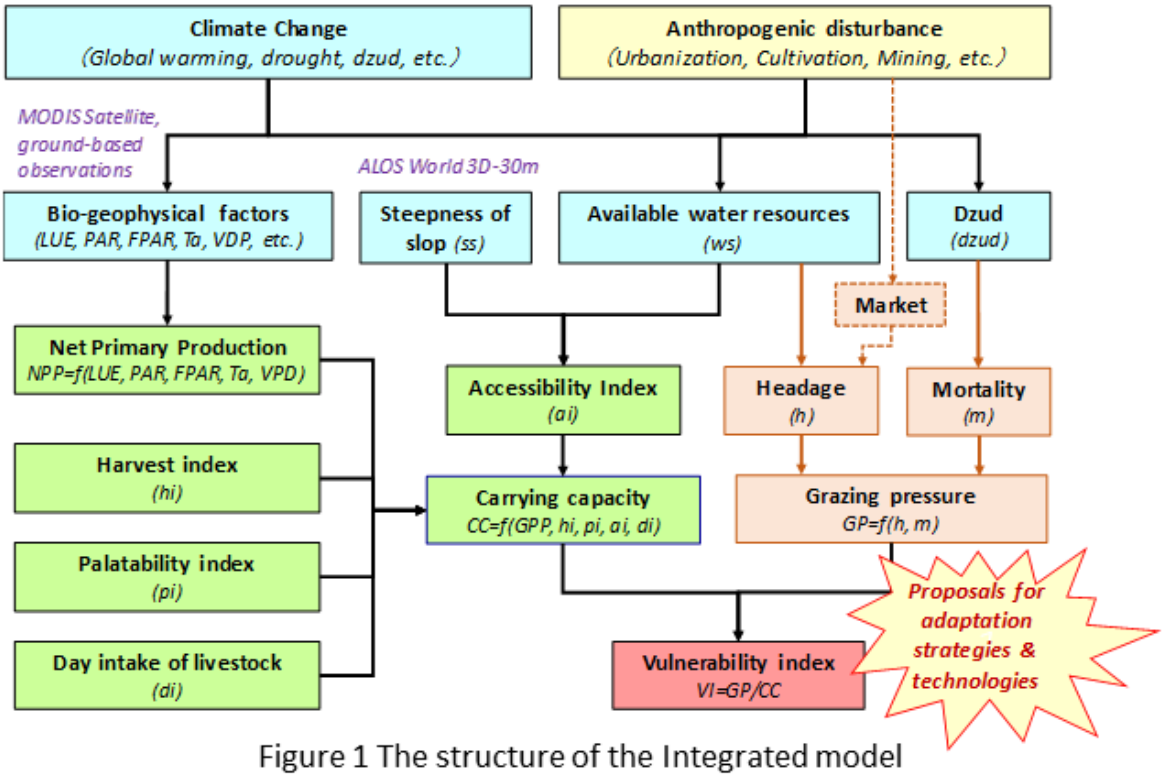


Figure 1 The structure of the Integrated model

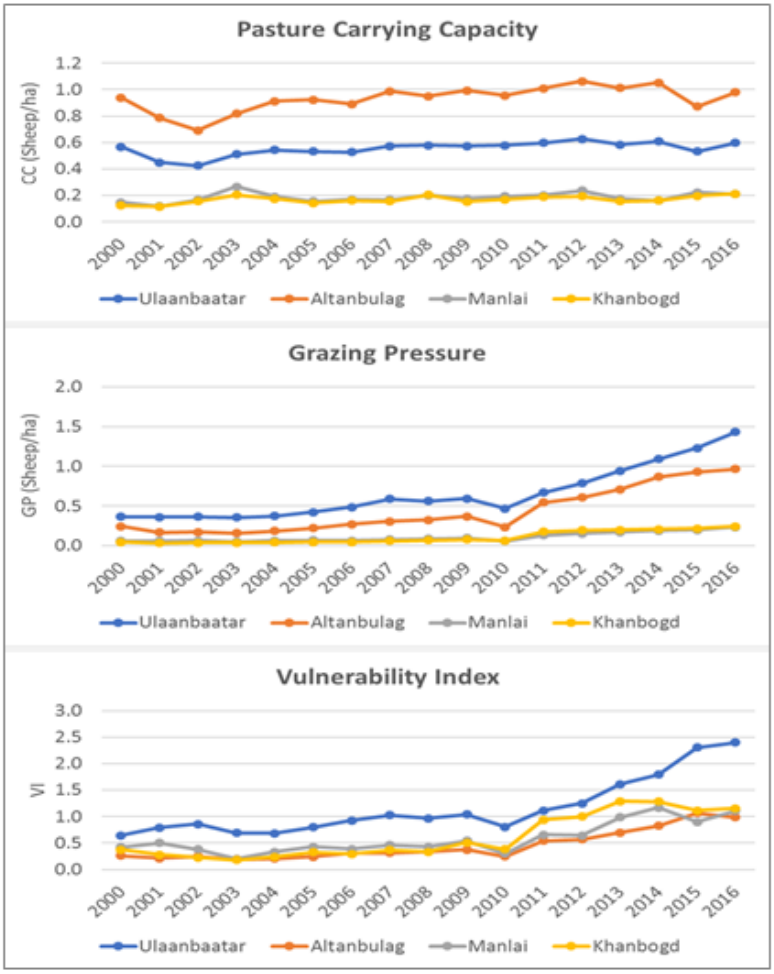


Figure 2 Evaluated pasture CC and VI in four target areas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of land use histories on vegetation and ecosystem services of restored wetlands in Tumen River basin, China

*曹 光蘭[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1]
*CAO GUANGLAN[1], Kazuaki Tsuchiya[1], Weihong Zhu[2], OKURO TOSHIYA[1]

1. 東京大学、2. Yanbian University
1. The University of Tokyo, 2. Yanbian University

Wetlands are among the world’ s most productive and valuable ecosystems. They are important habitats for a variety of flora and fauna, and are vital ecosystems that provide diverse services. They not only are essential for ecological functions such as maintaining biodiversity, controlling floods, and removing pollutants, but also serve necessary economic functions in rice and fish production, transport, and hydropower energy. Despite this, they have suffered a loss of 54%–57% of their area worldwide, which continues under pressures from agriculture, urban expansion, industrialization, and resource extraction. Conservation and restoration of wetland ecosystems is important issues for conservation biodiversity and sustainable use of ecosystem services. In this study, we focus on the lower of Tumen River, Northeast China where the wetlands decreased dramatically because of reclamation. Our objective was to determine the influence of land use and management histories on vegetation structure and ecosystem services and future analyse their associations with environmental factors. The results of this study are of great significance to the impact of management measures on wetland ecosystems, as well as the analysis and evaluation of vegetation restoration.

キーワード：land use histories、vegetation dynamics、wetland restoration、ecosystem services
Keywords: land use histories, vegetation dynamics, wetland restoration, ecosystem services

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The spatial flow of freshwater ecosystem services: A case study of Tumen River watershed

*JIAN ZHANG [1]、Shizuka Hashimoto[1]、Kazuaki Tsuchiya[1]、Weihong Zhu[2]、大黒 俊哉[1]
*JIAN ZHANG[1], Shizuka hashimoto[1], Kazuaki Tsuchiya[1], Weihong Zhu[2], OKURO TOSHIYA[1]

1. The University of Tokyo、2. Yanbian University
1. The University of Tokyo, 2. Yanbian University

Freshwater is widely regarded as the most essential natural resource underpinning the well-being of human society, and while scientists translate it into ecosystem services' valuable processes, the supply of clean freshwater has the highest value among various provisioning services. However, due to the land-use intensification and projected warming climate, an increasing likelihood of persistent drought condition, and inadequate conservation, freshwater scarcity issues continue to gain urgency in science and policies. The fusion of the concept of ecosystem services with natural resources management nowadays represents a new conservation paradigm, but still faces notable limitations. Some scientists, noticing the occurrence of spatial mismatch between the supply and demand of ecosystem services, put forward the concept of ecosystem services flow to deal with the problem. Ecosystem services flow research brings out a spatio-temporal connection between the supply and demand, and an deepened understanding about when ,where, and how those benefits were enjoyed. Many papers also suggested that studies at landscape scale may offer a better understanding of ecosystem processes, ecosystem functions, ecosystem services and link them from one to another, as landscape patterns have long been discussed as tools for explaining numerous ecological consequences. In 2017, the annual meeting of IALE in USA as well emphasized the pressing need of integrating landscape patterns to ecosystem services. Thus the study attempt to conduct an analysis of freshwater ecosystem services flow in an intact watershed with the combination of landscape ecology theories. The conceptual framework and progress of this study will be introduced.

キーワード：freshwater ecosystem services、services flow、andscape pattern、watershed
Keywords: freshwater ecosystem services, services flow, andscape pattern, watershed

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-CG 地球人間圏科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 302 3F

[H-CG28] Implementing Integrated Research for Sustainable Future

コンビーナ:氷見山 幸夫(北海道教育大学名誉教授)、近藤 昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)、櫻井 武司(国立大学法人東京大学大学院農学生命科学研究科)、阿部 健一(総合地球環境学研究所)、座長:Ernan Rustiadi(Bogor Agricultural University)、王 勤学(国立環境研究所)、takeshi sakurai

The world global environmental studies are being re-organized in the framework of Future Earth, which is considered to be an important driver to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs) set by UN in 2015. Geoscience, which has traditionally been concerned about the dynamic nature and phenomena of the Earth, including lithosphere, hydrosphere, atmosphere and biosphere, is now increasingly committed to human sphere and human dimensions of global change, assuming unique roles in Future Earth and the SDGs. The session is intended to discuss the crucial issues related with them, particularly in reference to such SDGs as good health and well-being, quality education, clean water and sanitation, sustainable cities and communities, climate action, life below water and life on land. Those interested in Future Earth, SDGs, and ESD (Education for Sustainable Development) particularly those who have already started or are about to start related projects, or are interested in Future Earth Knowledge-Action Networks (KANs), such as Ocean, Food-Water-Energy Nexus, Health, Disasters, Cities, Natural Assets, will find this Session an ideal place to present his/her research results, to exchange information and ideas, and to seek new collaborative relations with other research groups and even with partners in the society.

15:30 ~ 15:45

[HCG28-01] Implementing Integrated Research for Sustainable Future - a human geoscience perspective

*氷見山 幸夫[1] (1.北海道教育大学名誉教授)

15:45 ~ 16:00

[HCG28-02] **Application of environmental carrying capacity analysis and land cover change scenarios in collaborative spatial planning process: The Jakarta Megacity Case**

★Invited Papers

*ERNAN RUSTIADI[1]、Andrea Emma Pravitasari[2]、Diar Shiddiq[1]、Laode Syamsul Iman[1]、Setyardi Pratika Mulya[2]、Mia Ermyanila[1]、Nur Etika Karyati[1] (1.Center for Regional System Analysis, Planning and Development, Bogor Agricultural University 、2.Department of Soil Science and Land Resource, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University)

16:00 ~ 16:15

[HCG28-03] Does the Market Economy Save the Local Natural Resources While Improving Human Welfare? The Case of 101 Natural Forests in the Middle Hills of Nepal

*櫻井 武司[1]、橘 永久[2]、Rayamajhi Santosh[3] (1.東京大学、2.千葉大学、3.Tribhuvan University)

16:15 ~ 16:30

[HCG28-04] Academic-public-private partnerships for sustainable herding under increasing frequency of climate hazards

*篠田 雅人[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科)

16:30 ~ 16:45

[HCG28-05] 現代北京市における公墓を主体とする死後の土地利用と市民の葬送

*土居 晴洋[1]、柴 彦威[2]、徐 培瑋[3] (1.大分大学教育学部、2.北京大学、3.北京師範大学)

16:45 ~ 17:00

[HCG28-06] Restoration and sustainable land management of degraded landscapes in Asia and Africa

★Invited Papers

*大黒 俊哉[1] (1.東京大学大学院農学生命科学研究科)

Implementing Integrated Research for Sustainable Future - a human geoscience perspective

Implementing Integrated Research for Sustainable Future - a human geoscience perspective

*氷見山 幸夫[1]
*Yukio Himiyama[1]

1. 北海道教育大学名誉教授
1. Emeritus Professor, Hokkaido University of Education

Global environmental programmes are re-organized under the framework of Future Earth, which is intend to play a leading role in guiding or coordinating world research communities for sustainability. Human geoscience, which has been built on geoscience which studies dynamic nature and phenomena of the Earth including its resources, geo-hazards and environmental changes, is uniquely committed to human sphere, where human, the environment, environmental problems and disasters are, and to the world sustainability. It hence has strong human/social scientific, as well as physical scientific, viewpoint, and assumes important roles in Future Earth, SDGs (Sustainable Development Goals), and other programmes for global sustainability or disaster risk reduction. This session is intended to discuss crucial issues related with them, and to seek right ways to implement needed integrated research for sustainable future in human geoscience perspective.

キーワード：フューチャーアース、持続可能な開発目標、持続可能性、地球人間圏科学、災害、環境問題
Keywords: Future Earth, SDGs, sustainability, human geoscience, disaster, environmental problem

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of environmental carrying capacity analysis and land cover change scenarios in collaborative spatial planning process: The Jakarta Megacity Case

*ERNAN RUSTIADI[1], Andrea Emma Pravitasari[2], Diar Shiddiq[1], Laode Syamsul Iman[1], Setyardi Pratika Mulya[2], Mia Ermyanila[1], Nur Etika Karyati[1]

1. Center for Regional System Analysis, Planning and Development, Bogor Agricultural University , 2. Department of Soil Science and Land Resource, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University

In the National Spatial Plan, the Jabodetabekpunjur area (Jakarta Megacity) is designated as a national strategic area. Due to the increasing environmental problems, the Indonesian government carried out a revision process of spatial plan based on an environmental carrying capacity assessment. This research is intended to explain how the study of land-based carrying capacity assessment was applied to the spatial planning process. First, this research is carried out by developing scenarios for land cover changes. Projections of land use change are carried out by extrapolating 20-year time series data on land cover change backward to forecast 20 years of future land use. The study of environmental carrying capacity against current and future conditions is based on the concept of land capability, land suitability, and multi-criteria analysis. The results of the study of carrying capacity were then used to revise existing spatial plans. The decision-making process on revising spatial plan was carried out by a collaborative process involving relevant stakeholders in serial workshop processes by considering the results of the carrying capacity study.

Keywords: urban sprawl, land capability, land use cover changes, regional planning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Does the Market Economy Save the Local Natural Resources While Improving Human Welfare? The Case of 101 Natural Forests in the Middle Hills of Nepal

*櫻井 武司[1]、橘 永久[2]、Rayamajhi Santosh[3]
*Takeshi Sakurai[1], Towa Tachibana[2], Santosh Rayamajhi [3]

1. 東京大学、2. 千葉大学、3. Tribhuvan University
1. The University of Tokyo, 2. Chiba University , 3. Tribhuvan University

To pursue a sustainable human development, while expanding human frontiers into space, we need to conserve the natural environment of our mother planet. In low-income countries, deterioration of local natural resources such as forests for firewood, inshore fishery for home and local consumption has been the most urgent environment issue. Various measures have been taken to stem excessive harvesting of local natural resources in the course of the population increase: e.g., community management. Little attention has been paid, however, to the seemingly most powerful lifesaver for the overuse of local natural resources: the market economy. Out-migration from the marginally productive rural areas along with the investments in urban areas would attain both the conservation of natural resources and improvements in human welfare. With 101 randomly-sampled natural forests in the Middle Hills of Nepal, we compare the impacts of community management and those of out-migration on forest conditions. Forest condition was evaluated by forest inventory conducted in 1997-1999 and 2014-2016.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Academic-public-private partnerships for sustainable herding under increasing frequency of climate hazards

*篠田 雅人[1]
*Masato Shinoda[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies Nagoya University

Socio-ecological damage from climate-related disasters has increased worldwide, including a slow-onset cold-season disaster that is unique to Mongolia, known as *dzud*. *Dzuds* are defined, bio-geophysically, as anomalous climatic and/or land-surface (i.e. snow) conditions that lead to reduced accessibility and/or availability of pastures, and ultimately to significant livestock mortality during winter–spring. Our studies showed that recent *dzuds* were caused by a half-to-half combination of multi-climate hazards and man-made vulnerability, including inadequate pasture management, poverty, and insufficient winter preparedness. With this background, for the first time, our academia produced a new *dzud* risk map to predict risky areas at the national level for the 2015/2016 winter. Subsequently, the early warning system developed together with the risk map has been implemented and successfully applied for sustainable herding under the framework of partnerships among universities/research institutes, Mongolian government, international aid organizations, and herders. This action was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research from the Japan Society for the Promotion of Science ‘Integrating Dryland Disaster Science’ and nominated as a top case study of early warning early action at the Asian Ministerial Conference on Disaster Risk Reduction in July 2018.

キーワード：Transdisciplinary approach、Disaster risk map、Climate disaster、Livestock mortality、Mongolia
Keywords: Transdisciplinary approach, Disaster risk map, Climate disaster, Livestock mortality, Mongolia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

現代北京市における公墓を主体とする死後の土地利用と市民の葬送
Land use after death and funeral of citizen mainly based on public cemeteries in modern Beijing city

*土居 晴洋[1]、柴 彦威[2]、徐 培瑋[3]
*Haruhiro Doi[1], Yanwei Chai[2], Peiwei Xu[3]

1. 大分大学教育学部、2. 北京大学、3. 北京師範大学
1. Faculty of Education, Oita University, 2. Peking University, 3. Beijing Normal University

人はその死後，残された親族などによって，一定の土地を占有することによって墓地を築く。したがって，経済成長と人口増加が続く中国の都市地域では，死者のために利用される土地への需要が大きいため，土地資源の管理の一環として墓地面積の拡大をコントロールすることが重要な政策課題である。

現代の北京市では，増加する死後の土地利用への需要に対応するため，ここ数十年の間に市内各地に大規模な公墓が整備されてきた。これらの公墓は市街地に比較的隣接する農村地域や郊外地域の風水上の適地などに立地している（土居・柴，2017）。

本報告は，現代の北京市において，これら公墓の整備の経緯や周辺農村コミュニティとの関係について考察する。また，漢民族以外の少数民族の葬送と公墓の関係についても考察する。

キーワード：都市政策、郊外農村、民族
Keywords: Urban policy, suburban rural areas, ethnic group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Restoration and sustainable land management of degraded landscapes in Asia and Africa

*大黒 俊哉[1]
*OKURO TOSHIYA[1]

1. 東京大学大学院農学生命科学研究科
1. Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

Land degradation causes reduction or loss of the biological or economic productivity and complexity, resulting from land uses or from processes arising from human activities and habitation patterns. As land degradation is also defined as “the processes of landscape changes caused by miss-match between natural land conditions and land use by human”, it is necessary to reconstruct new land use systems based on new human-environment relations which can realize sustainable use of ecosystem services. This paper introduces case studies on the sustainable land management (SLM) approaches, focusing on human-environment relations, or social-ecological systems in rangelands of Asia and Africa. Firstly, I show a modelling of trade-offs in ecosystem services and assessment of effectiveness of countermeasures on land restoration. Secondly, I show a concept and methodology of grassland management systems in consideration of biodiversity-ecosystem functioning relationships. Finally I propose future perspectives, possible research topics which should be further developed, and implication to SDGs.

キーワード：social-ecological system、threshold、biodiversity、ecosystem functioning、sustainable land management、non-equilibrium
Keywords: social-ecological system, threshold, biodiversity, ecosystem functioning, sustainable land management, non-equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

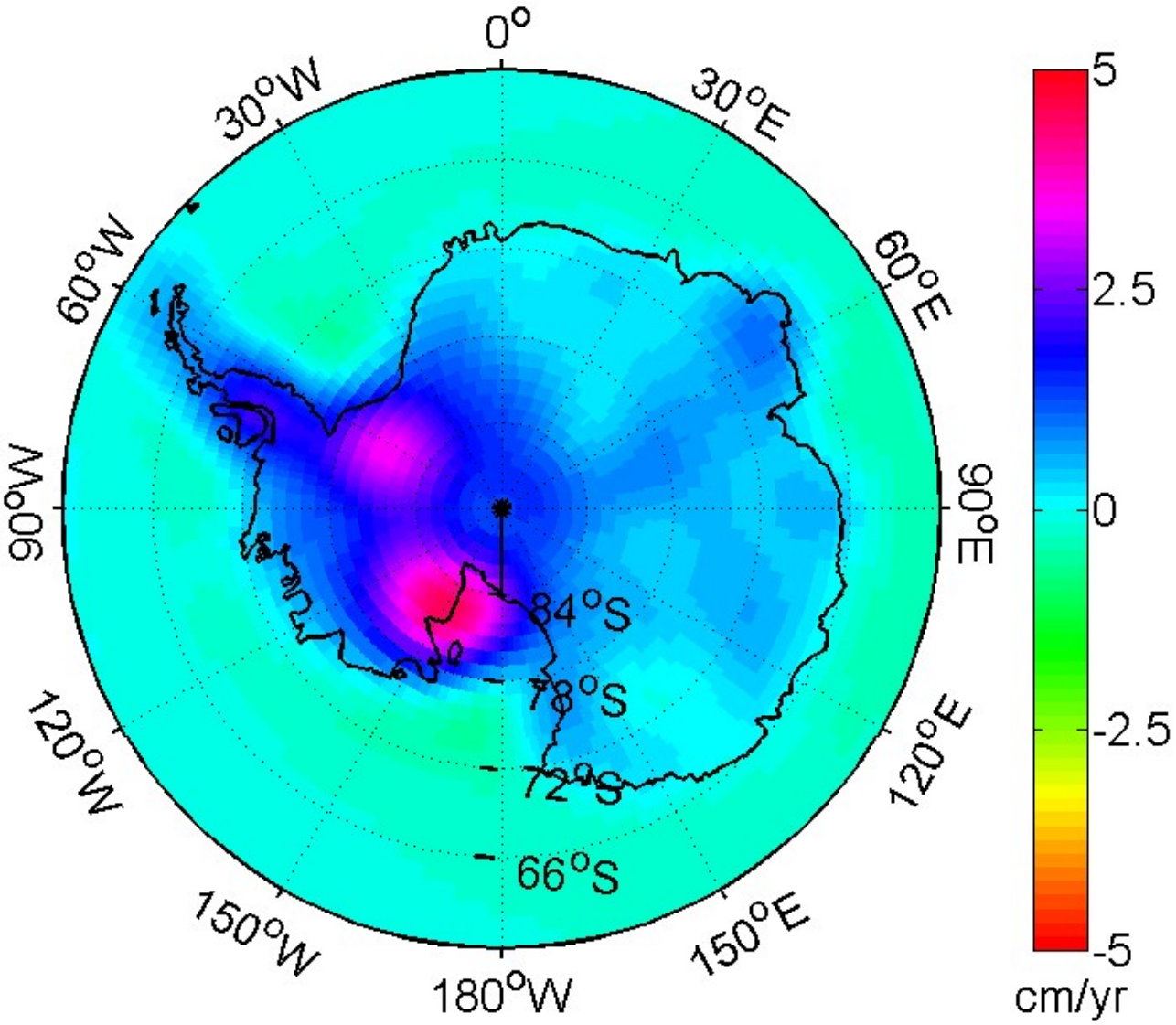
*Yunlong Wu[1], Yi Zhang[1], Zhengbo Zou[1], Minzhang Hu[1]

1. Institute of Seismology, China Earthquake Administration

A cross correlation analysis is carried out on the time-varying gravity field models derived from GRACE observations and provided by CSR, GFZ, JPL and ITSG. This is used to propose an improved weight determination method for producing a combined time-varying gravity field model. Taking the Antarctic region as a test area, the reliability and accuracy of the combined model is verified by comparing the changes of Antarctic ice sheet mass inferred from it and the other gravity field solutions considered. The results show that the minimum difference in mass changes (expressed as equivalent water height) between the combined model and the ITSG inversion is concentrated between -0.2 cm to 0.4 cm. To further verify the new method, China’ s Three Gorges region, the North China Plain region, and the Tianshan region are assessed. The results indicate that the new combined time-varying gravity field model is consistent with those models published by CSR, GFZ and JPL, and conforms best to ITSG. The combined time-varying gravity field model proposed in this paper provides a reference for the application of such models and the optimization of time-varying gravity field for future gravity satellite missions.

Keywords: GRACE, Time-varying gravity field, Combined model, Forward modeling, Equivalent water height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング
Numerical modeling of crustal deformation and gravity change caused by glacier melting in Southeast Alaska

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1]
*Kazuhiro Naganawa[1], Takahito Kazama[1]

1. 京都大学 大学院 理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

温暖化による氷河融解は海面上昇の要因として大きな関心ごとである。これまで高度計や重力計、GNSSなどの測地観測によって、その変動が推定されてきた。このような測地観測では様々な固体地球の応答も重畳して観測されるため、観測値から氷河融解を推定するには、多くの工夫が必要である。その工夫の一つとして、氷河融解に伴う固体地球の変動を数値的にモデリングすることが挙げられる。氷河の融解は地球表層での質量分布の変化と固体地球の変形(GIA : Glacial Isostatic Adjustment)を伴うため、様々な時空間スケールで海水準変動、地殻変動、重力場変動などを引き起こす。これらの変動を測地観測から定量的に把握することは困難であり、数値モデリングの向上が不可欠である。

本研究の対象地域であるアラスカ南東部は現在約16 km^3/yrの氷河が融解しており(Larsen et al., 2007)、氷河融解の更なる加速の可能性も指摘されている(Arendt et al., 2002)。当地域では2000年代以降から稠密なGNSS網が整備され、最大約3 cm/yrの地表隆起が観測されてきた(Larsen et al., 2004)。この観測結果を用いて、Larsen et al. (2005)やSato et al. (2012)などの先行研究では当地域のGIA数値モデルを構築してきた。一方で、当地域では2006年より絶対重力計による観測が繰り返し行われており、-4〜-7 microGal/yrの絶対重力変化が観測されてきた(Sun et al., 2010)。しかしながら、先行研究では重力変化を取り入れた数値モデルは構築されておらず、モデルと観測に乖離が存在するままであった。そのため、当地域の重力場変動は定量的に理解されておらず、衛星重力計に氷河観測において大きな誤差要因となる可能性がある。

そこで本研究は、地殻変動・重力場変動の両面から当地域のGIA数値モデルの精度向上を目指し、以下のような数値モデリングを行う。当地域での地殻変動・重力場変動はtectonicな変形を除くと、現在の氷河融解による地球表層の万有引力変化、現在の氷河融解による固体地球の弾性変形、過去の氷河融解による固体地球の粘弾性変形の3つが考えられる。本研究では、現在のアラスカ南東部氷河融解モデル(Larsen et al., 2007)を用いた弾性体の荷重変形計算と、過去の氷河融解歴モデル(e.g., ICE-6G; Peltier et al., 2015)を用いた粘弾性荷重変形計算によって、アラスカ南東部の絶対重力基準点6点におけるこれら3つの変動を推定する。本発表ではこのようなモデル計算の結果と、2015年までに新たに取得・補正されたGNSS・絶対重力データを比較し、当地域の氷河融解及びGIAについて議論する。

キーワード：氷河融解、氷河性地殻均衡、アラスカ、重力変化、地殻隆起
Keywords: glacier melting, glacial isostatic adjustment, Alaska, gravity change, crustal uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化
Gravity gradient variations considered to have occured 3 months before the Tohoku-Oki earthquake

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1]
*Naoki Hasumi[1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Hokkaido University Graduate School of Science

2002年に打ち上げられた重力計測衛星GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)は、陸水や雪氷の移動に伴う質量再配分を重力変化として捉えることによって様々な成果を挙げてきた。地震に伴う断層運動も質量を再配分するため重力をわずかに変化させる。なかでも、巨大地震と同時に起こる瞬間的な重力の変化（地震時重力変化）と地震後に起こる長期的な重力の変化（地震後重力変化）は、いくつかの事例でGRACEによる面的な観測が報告されており、地震学に貢献してきた（田中 日置、2017）。

地震に先立って起こる重力変化（地震前重力変化）は今まで本格的な研究対象とされてこなかったが、最近Panet et al. (2018)によって、2011年東北地方太平洋沖地震の数カ月前から重力が有意に変化していた可能性が報告された。Panet et al. (2018)は GRACE衛星データを用いた研究であるが、これまでの研究手法とやや異なる点が三つある。一つ目は、重力そのものではなく、より空間分解能の高い重力勾配の変化に注目した点である。二つ目は重力勾配の変化を広い時間スケールで、かつ広い地域に対して解析を行った点である。三つ目は空間波長が800～1600 kmの重力に注目して解析した点である。本研究は、GRACEのLevel 2データ（球関数の係数）を用いてPanet et al. (2018)の内容を追試したものであり、東北地方太平洋沖地震の数か月前から発生していると報告された重力勾配変化を検証する。その結果、報告された時空間変化に近い重力勾配変化が生じたことを確認した。なお本研究の手法はPanet et al. (2018)のそれと多少異なる部分が残っており、結果についても微妙に異なる部分も見られた。本研究ではさらに2004年スマトラ・アンダマン地震や2010年マウレ地震などで同様の現象がみられるかについても議論する。

参考文献

Panet, I., S. Bonvalot , C. Narteau , D. Remy, and J.-M. Lemoine (2018), Migrating pattern of deformation prior to the Tohoku-Oki earthquake revealed by GRACE data, *Nature Geosci., 11,* 367-373, Doi:10.1038/s41561-018-0099-3

田中優作、日置幸介(2017)、GRACE地震学ー衛星重力観測による地震研究のこれまでとこれからー、地震第2輯、69巻, pp.69-85, doi:10.4294/zisin.69.69.

キーワード：GRACE、重力勾配
Keywords: GRACE, gravity gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

Density structure inferred from gravity and airborne gravity gradiometry data in the northwestern part of Kuju volcano, Oita prefecture

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1]
*Jun Nishijima[1], Yasuhiro Fujimitsu[1]

1. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

大分県九重火山北西部に位置する涌蓋山周辺には噴気地域、温泉地域、日本最大の地熱発電所である八丁原地熱発電所など火山に起因する地熱地域が数多く見られる。個々の火山や地熱発電所周辺においてはこれらの地熱徴候や地下での地熱系の発達を理解するための様々な調査が行われているが、周辺の噴気地域や温泉まで含めた広域の詳細な地下構造の理解は進んでいない。近年独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は「地熱資源ポテンシャル調査のための空中物理探査」を平成24年度より空中重力偏差法探査，時間領域空中電磁探査および空中磁気探査を実施してきた（JOGMEC, 2014）。本地域の対象となる九重火山地域では平成24年にくじゅう地域の調査が実施され、その後平成29年には涌蓋山北部および西部に位置する小国地域で調査が実施された。

本研究では，大分県くじゅう地域を対象として行われた空中重力偏差法探査データと地上重力測定データを用いて地下の3次元密度構造を推定し，得られた密度構造と過去に行われた地熱・火山調査結果との比較を行った。本研究で用いた地表重力探査データは、九州大学、日本重力データベース（AIST, 2013）、西南日本重力データベース（Shichi and Yamamoto, 2001）、金沢大学データベース（本多ほか, 2012）から1594点の測定データを使用して重力異常図を作成した。ブーゲー補正や地形補正で用いる補正密度については、CVUR法（Komazawa, 1995）を用いて推定を行い2310kg/m^{3}とした。

空中重力偏差法探査では、CGG Aviation社HeliFALCON^{TM}重力偏差計をヘリコプターに搭載し，測線間隔250m，対地高度150mで地形に沿って飛行して調査を行った。HeliFALCON^{TM}重力偏差計で計測されたデータは，飛行中の機体の加速度変化，タイライン補正，マイクロレベリング補正，地形補正などの各種補正が行われ重力偏差の水平曲率成分（G_{NE}, G_{UV}）が得られる。地形補正で用いる地形データは測線沿いについてはヘリコプターに搭載されたレーザースキャナーとGPSデータから20mメッシュの地形データを作成し，測線間や調査範囲から15kmまでの領域についてはShuttle Rader Topography Mission（SRTM）v2の標高データを用いた。重力偏差データは，地形補正無し，補正密度2300kg/m^3，補正密度2670kg/m^{3}の3種類が提供されているが，本研究では地上測定重力データから推定された補正密度に一番近い2300kg/m^{3}のデータを用いた。得られた密度分布では、猪牟田カルデラ内や涌蓋山北西山麓にはカルデラ構造を充填していると考えられる岩砕なだれ堆積物の低密度域（2100～2200 kg/m^3）が見られた。一方、高密度域（2400～2550 kg/m^3）は更新世中期の涌蓋火山や更新世後期の猟師山、合頭山の南東部および九重火山などの直下に見られた。また、涌蓋山の西側にもカルデラのような陥没構造が検出され、涌蓋山北西山麓に位置する温泉のうち、山川温泉、麻生釣温泉、奴留湯、杖立温泉はこの構造の縁に分布していることが明らかになった。

キーワード：重力異常、重力偏差、九重火山
Keywords: Gravity anomaly, Gravity gradient, Kuju volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について
On the effect of higher-order terms in the gravity sensor of the superconducting gravimeter

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]
*Yuichi Imanishi[1], Kazunari Nawa[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. AIST, 3. NAOJ, 4. University of Tsukuba

国立天文台VERA石垣島観測局（沖縄県石垣市）で稼働している超伝導重力計CT #036の観測データには，いくつかの特徴的な信号が見られる．Imanishi et al. (2018)は，超伝導重力計の重力センサーにおける静的および動的な特性という観点から理論的モデルを展開し，近くのVLBIアンテナの動きによる水平加速度の影響について，上下方向と水平方向のカップリングにより定量的に説明できることを示した．しかし，台風接近時など，大振幅の地動ノイズが入力されたときに重力値が増加して見える現象については，上下方向の非線形性を表す高次項の大きさが不明であったため，同じモデルで説明されるかどうか結論に至らなかった．そこで，高次項の大きさを制約するため，CT #036に人工的な信号を入力して応答を測定した．測定結果を分析した結果について報告し，重力センサーの動的な特性へのインパクトについて考察する．

キーワード：超伝導重力計、石垣島、非線形性
Keywords: superconducting gravimeter, Ishigakijima, nonlinearity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5]
*Akihisa Hattori[1], Yuichi Aoyama[1,2], Koichiro Doi[1,2], Hajime Oishi[3], Jun Nishijima[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 総合研究大学院大学、2. 国立極地研究所、3. NECネッツエスアイ株式会社、4. 九州大学、5. 筑波大学
1. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 2. National Institute of Polar Research, 3. NEC Networks & System Integration Corporation, 4. Kyushu University, 5. University of Tsukuba

Continuous gravity observation has been conducted with a superconducting gravimeter (SG) at the Japanese Antarctic station, Syowa Station (69°0.2646’ S, 39°34.9074’ E) since 1993. The first SG, TT70#016, was replaced by the second SG, CT#043, in 2003, then CT#043 was replaced by the third OSG#058 in 2010, and OSG#058 is in operation. It is considered that the gravity observations with SGs, which have a high sensitivity, are detecting the gravitational signal of local snow accumulation in Syowa Station. It is necessary to correct the accumulated snow effect for monitoring the geophysically important but weak signals, such as one associated with Glacial Isostatic Adjustment (GIA).

The distribution of snow depth in Syowa Station was estimated from digital surface models (DSMs) made from unmanned aerial vehicle (UAV) photographic survey by applying structure from motion (SfM) processing methods to the aerial photographs. In the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-59) activity (2017-2019), we conducted aerial photogrammetry by the fixed-wing drone “senseFly eBee Plus,” which has dual-frequency GNSS receiver, over Syowa Station in January (austral summer season). Besides, we have conducted aerial photogrammetry by the rotary wing drone "DJI Inspire 2" and “DJI Phantom” in the same area, about every one month from May to November (austral winter season). The DSM and the orthomosaic photo were generated from each set of the geotagged photos using the SfM software “Pix4D.”

For improving the accuracy of DSM, we used the geodetic triangulation survey points operated by GSI (Geospatial Information Authority of Japan) as GCP (ground control points) in SfM analysis. We also calibrated the height of DSM by using the ground area uncovered by snow characterized by Brown color as fixed height sites. Thereby, we obtained the time-series of snow depth distributions by calculating height differences among DSMs.

We calculated the attractive changes on OSG#058 estimated from the obtained snow depth distribution. Consequently, it was revealed that the local snow accumulation changes in the Syowa Station caused a seasonal gravity variation of at least 0.1-0.3 μGal (1 μGal = 10^{-8} m/s^2).

In this presentation, we show the details of observed changes in snow distribution, and discuss the comparison between the estimated gravity effect of local snow accumulation and the gravity change observed by OSG#058.

キーワード：超伝導重力計、無人航空機、SfM
Keywords: Superconducting gravimeter, Unmanned aerial vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

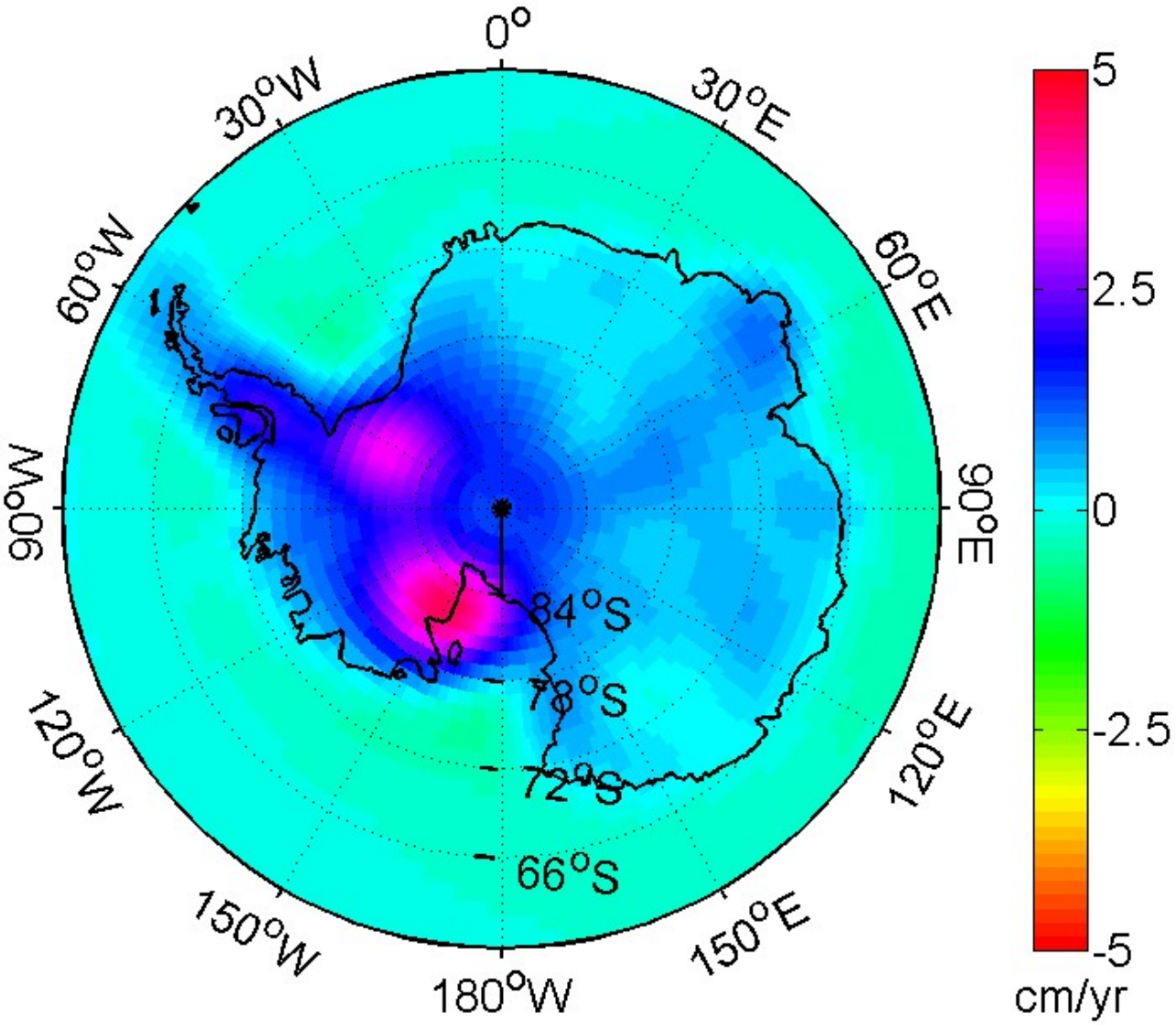
*Yunlong Wu[1], Yi Zhang[1], Zhengbo Zou[1], Minzhang Hu[1]

1. Institute of Seismology, China Earthquake Administration

A cross correlation analysis is carried out on the time-varying gravity field models derived from GRACE observations and provided by CSR, GFZ, JPL and ITSG. This is used to propose an improved weight determination method for producing a combined time-varying gravity field model. Taking the Antarctic region as a test area, the reliability and accuracy of the combined model is verified by comparing the changes of Antarctic ice sheet mass inferred from it and the other gravity field solutions considered. The results show that the minimum difference in mass changes (expressed as equivalent water height) between the combined model and the ITSG inversion is concentrated between -0.2 cm to 0.4 cm. To further verify the new method, China’ s Three Gorges region, the North China Plain region, and the Tianshan region are assessed. The results indicate that the new combined time-varying gravity field model is consistent with those models published by CSR, GFZ and JPL, and conforms best to ITSG. The combined time-varying gravity field model proposed in this paper provides a reference for the application of such models and the optimization of time-varying gravity field for future gravity satellite missions.

Keywords: GRACE, Time-varying gravity field, Combined model, Forward modeling, Equivalent water height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング
Numerical modeling of crustal deformation and gravity change caused by glacier melting in Southeast Alaska

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1]
*Kazuhiro Naganawa[1], Takahito Kazama[1]

1. 京都大学 大学院 理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

温暖化による氷河融解は海面上昇の要因として大きな関心ごとである。これまで高度計や重力計、GNSSなどの測地観測によって、その変動が推定されてきた。このような測地観測では様々な固体地球の応答も重畳して観測されるため、観測値から氷河融解を推定するには、多くの工夫が必要である。その工夫の一つとして、氷河融解に伴う固体地球の変動を数値的にモデリングすることが挙げられる。氷河の融解は地球表層での質量分布の変化と固体地球の変形(GIA : Glacial Isostatic Adjustment)を伴うため、様々な時空間スケールで海水準変動、地殻変動、重力場変動などを引き起こす。これらの変動を測地観測から定量的に把握することは困難であり、数値モデリングの向上が不可欠である。

本研究の対象地域であるアラスカ南東部は現在約16 km^3/yrの氷河が融解しており(Larsen et al., 2007)、氷河融解の更なる加速の可能性も指摘されている(Arendt et al., 2002)。当地域では2000年代以降から稠密なGNSS網が整備され、最大約3 cm/yrの地表隆起が観測されてきた(Larsen et al., 2004)。この観測結果を用いて、Larsen et al. (2005)やSato et al. (2012)などの先行研究では当地域のGIA数値モデルを構築してきた。一方で、当地域では2006年より絶対重力計による観測が繰り返し行われており、-4〜-7 microGal/yrの絶対重力変化が観測されてきた(Sun et al., 2010)。しかしながら、先行研究では重力変化を取り入れた数値モデルは構築されておらず、モデルと観測に乖離が存在するままであった。そのため、当地域の重力場変動は定量的に理解されておらず、衛星重力計に氷河観測において大きな誤差要因となる可能性がある。

そこで本研究は、地殻変動・重力場変動の両面から当地域のGIA数値モデルの精度向上を目指し、以下のような数値モデリングを行う。当地域での地殻変動・重力場変動はtectonicな変形を除くと、現在の氷河融解による地球表層の万有引力変化、現在の氷河融解による固体地球の弾性変形、過去の氷河融解による固体地球の粘弾性変形の3つが考えられる。本研究では、現在のアラスカ南東部氷河融解モデル(Larsen et al., 2007)を用いた弾性体の荷重変形計算と、過去の氷河融解歴モデル(e.g., ICE-6G; Peltier et al., 2015)を用いた粘弾性荷重変形計算によって、アラスカ南東部の絶対重力基準点6点におけるこれら3つの変動を推定する。本発表ではこのようなモデル計算の結果と、2015年までに新たに取得・補正されたGNSS・絶対重力データを比較し、当地域の氷河融解及びGIAについて議論する。

キーワード：氷河融解、氷河性地殻均衡、アラスカ、重力変化、地殻隆起
Keywords: glacier melting, glacial isostatic adjustment, Alaska, gravity change, crustal uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化
Gravity gradient variations considered to have occured 3 months before the Tohoku-Oki earthquake

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1]
*Naoki Hasumi[1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Hokkaido University Graduate School of Science

2002年に打ち上げられた重力計測衛星GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)は、陸水や雪氷の移動に伴う質量再配分を重力変化として捉えることによって様々な成果を挙げてきた。地震に伴う断層運動も質量を再配分するため重力をわずかに変化させる。なかでも、巨大地震と同時に起こる瞬間的な重力の変化（地震時重力変化）と地震後に起こる長期的な重力の変化（地震後重力変化）は、いくつかの事例でGRACEによる面的な観測が報告されており、地震学に貢献してきた（田中 日置、2017）。

地震に先立って起こる重力変化（地震前重力変化）は今まで本格的な研究対象とされてこなかったが、最近Panet et al. (2018)によって、2011年東北地方太平洋沖地震の数カ月前から重力が有意に変化していた可能性が報告された。Panet et al. (2018)は GRACE衛星データを用いた研究であるが、これまでの研究手法とやや異なる点が三つある。一つ目は、重力そのものではなく、より空間分解能の高い重力勾配の変化に注目した点である。二つ目は重力勾配の変化を広い時間スケールで、かつ広い地域に対して解析を行った点である。三つ目は空間波長が800～1600 kmの重力に注目して解析した点である。本研究は、GRACEのLevel 2データ（球関数の係数）を用いてPanet et al. (2018)の内容を追試したものであり、東北地方太平洋沖地震の数か月前から発生していると報告された重力勾配変化を検証する。その結果、報告された時空間変化に近い重力勾配変化が生じたことを確認した。なお本研究の手法はPanet et al. (2018)のそれと多少異なる部分が残っており、結果についても微妙に異なる部分も見られた。本研究ではさらに2004年スマトラ・アンダマン地震や2010年マウレ地震などで同様の現象がみられるかについても議論する。

参考文献

Panet, I., S. Bonvalot , C. Narteau , D. Remy, and J.-M. Lemoine (2018), Migrating pattern of deformation prior to the Tohoku-Oki earthquake revealed by GRACE data, *Nature Geosci., 11,* 367-373, Doi:10.1038/s41561-018-0099-3

田中優作、日置幸介(2017)、GRACE地震学ー衛星重力観測による地震研究のこれまでとこれからー、地震第2輯、69巻, pp.69-85, doi:10.4294/zisin.69.69.

キーワード：GRACE、重力勾配
Keywords: GRACE, gravity gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

Density structure inferred from gravity and airborne gravity gradiometry data in the northwestern part of Kuju volcano, Oita prefecture

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1]
*Jun Nishijima[1], Yasuhiro Fujimitsu[1]

1. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

大分県九重火山北西部に位置する涌蓋山周辺には噴気地域、温泉地域、日本最大の地熱発電所である八丁原地熱発電所など火山に起因する地熱地域が数多く見られる。個々の火山や地熱発電所周辺においてはこれらの地熱徴候や地下での地熱系の発達を理解するための様々な調査が行われているが、周辺の噴気地域や温泉まで含めた広域の詳細な地下構造の理解は進んでいない。近年独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は「地熱資源ポテンシャル調査のための空中物理探査」を平成24年度より空中重力偏差法探査，時間領域空中電磁探査および空中磁気探査を実施してきた（JOGMEC, 2014）。本地域の対象となる九重火山地域では平成24年にくじゅう地域の調査が実施され、その後平成29年には涌蓋山北部および西部に位置する小国地域で調査が実施された。

本研究では，大分県くじゅう地域を対象として行われた空中重力偏差法探査データと地上重力測定データを用いて地下の3次元密度構造を推定し，得られた密度構造と過去に行われた地熱・火山調査結果との比較を行った。本研究で用いた地表重力探査データは、九州大学、日本重力データベース（AIST, 2013）、西南日本重力データベース（Shichi and Yamamoto, 2001）、金沢大学データベース（本多ほか, 2012）から1594点の測定データを使用して重力異常図を作成した。ブーゲー補正や地形補正で用いる補正密度については、CVUR法（Komazawa, 1995）を用いて推定を行い2310kg/m^{3}とした。

空中重力偏差法探査では、CGG Aviation社HeliFALCON^{TM}重力偏差計をヘリコプターに搭載し，測線間隔250m，対地高度150mで地形に沿って飛行して調査を行った。HeliFALCON^{TM}重力偏差計で計測されたデータは，飛行中の機体の加速度変化，タイライン補正，マイクロレベリング補正，地形補正などの各種補正が行われ重力偏差の水平曲率成分（G_{NE}, G_{UV}）が得られる。地形補正で用いる地形データは測線沿いについてはヘリコプターに搭載されたレーザースキャナーとGPSデータから20mメッシュの地形データを作成し，測線間や調査範囲から15kmまでの領域についてはShuttle Rader Topography Mission（SRTM）v2の標高データを用いた。重力偏差データは，地形補正無し，補正密度2300kg/m^3，補正密度2670kg/m^{3}の3種類が提供されているが，本研究では地上測定重力データから推定された補正密度に一番近い2300kg/m^{3}のデータを用いた。得られた密度分布では、猪牟田カルデラ内や涌蓋山北西山麓にはカルデラ構造を充填していると考えられる岩砕なだれ堆積物の低密度域（2100～2200 kg/m^3）が見られた。一方、高密度域（2400～2550 kg/m^3）は更新世中期の涌蓋火山や更新世後期の猟師山、合頭山の南東部および九重火山などの直下に見られた。また、涌蓋山の西側にもカルデラのような陥没構造が検出され、涌蓋山北西山麓に位置する温泉のうち、山川温泉、麻生釣温泉、奴留湯、杖立温泉はこの構造の縁に分布していることが明らかになった。

キーワード：重力異常、重力偏差、九重火山
Keywords: Gravity anomaly, Gravity gradient, Kuju volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について
On the effect of higher-order terms in the gravity sensor of the superconducting gravimeter

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]
*Yuichi Imanishi[1], Kazunari Nawa[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. AIST, 3. NAOJ, 4. University of Tsukuba

国立天文台VERA石垣島観測局（沖縄県石垣市）で稼働している超伝導重力計CT #036の観測データには，いくつかの特徴的な信号が見られる．Imanishi et al. (2018)は，超伝導重力計の重力センサーにおける静的および動的な特性という観点から理論的モデルを展開し，近くのVLBIアンテナの動きによる水平加速度の影響について，上下方向と水平方向のカップリングにより定量的に説明できることを示した．しかし，台風接近時など，大振幅の地動ノイズが入力されたときに重力値が増加して見える現象については，上下方向の非線形性を表す高次項の大きさが不明であったため，同じモデルで説明されるかどうか結論に至らなかった．そこで，高次項の大きさを制約するため，CT #036に人工的な信号を入力して応答を測定した．測定結果を分析した結果について報告し，重力センサーの動的な特性へのインパクトについて考察する．

キーワード：超伝導重力計、石垣島、非線形性
Keywords: superconducting gravimeter, Ishigakijima, nonlinearity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5]
*Akihisa Hattori[1], Yuichi Aoyama[1,2], Koichiro Doi[1,2], Hajime Oishi[3], Jun Nishijima[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 総合研究大学院大学、2. 国立極地研究所、3. NECネッツエスアイ株式会社、4. 九州大学、5. 筑波大学
1. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 2. National Institute of Polar Research, 3. NEC Networks & System Integration Corporation, 4. Kyushu University, 5. University of Tsukuba

Continuous gravity observation has been conducted with a superconducting gravimeter (SG) at the Japanese Antarctic station, Syowa Station (69°0.2646’ S, 39°34.9074’ E) since 1993. The first SG, TT70#016, was replaced by the second SG, CT#043, in 2003, then CT#043 was replaced by the third OSG#058 in 2010, and OSG#058 is in operation. It is considered that the gravity observations with SGs, which have a high sensitivity, are detecting the gravitational signal of local snow accumulation in Syowa Station. It is necessary to correct the accumulated snow effect for monitoring the geophysically important but weak signals, such as one associated with Glacial Isostatic Adjustment (GIA).

The distribution of snow depth in Syowa Station was estimated from digital surface models (DSMs) made from unmanned aerial vehicle (UAV) photographic survey by applying structure from motion (SfM) processing methods to the aerial photographs. In the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-59) activity (2017-2019), we conducted aerial photogrammetry by the fixed-wing drone “senseFly eBee Plus,” which has dual-frequency GNSS receiver, over Syowa Station in January (austral summer season). Besides, we have conducted aerial photogrammetry by the rotary wing drone "DJI Inspire 2" and “DJI Phantom” in the same area, about every one month from May to November (austral winter season). The DSM and the orthomosaic photo were generated from each set of the geotagged photos using the SfM software “Pix4D.”

For improving the accuracy of DSM, we used the geodetic triangulation survey points operated by GSI (Geospatial Information Authority of Japan) as GCP (ground control points) in SfM analysis. We also calibrated the height of DSM by using the ground area uncovered by snow characterized by Brown color as fixed height sites. Thereby, we obtained the time-series of snow depth distributions by calculating height differences among DSMs.

We calculated the attractive changes on OSG#058 estimated from the obtained snow depth distribution. Consequently, it was revealed that the local snow accumulation changes in the Syowa Station caused a seasonal gravity variation of at least 0.1-0.3 μGal (1 μGal = 10^{-8} m/s^2).

In this presentation, we show the details of observed changes in snow distribution, and discuss the comparison between the estimated gravity effect of local snow accumulation and the gravity change observed by OSG#058.

キーワード：超伝導重力計、無人航空機、SfM
Keywords: Superconducting gravimeter, Unmanned aerial vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:田中 俊行、風間 卓仁

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SGD01-01] 石岡測地観測局における重力値の季節変動

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1] (1.国土交通省国土地理院)

14:00 ~ 14:15

[SGD01-02] 富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5] (1.山梨県富士山科学研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所、4.公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所、5.国土地理院)

14:15 ~ 14:30

[SGD01-03] 東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2] (1.京都大学理学研究科、2.国立極地研究所)

14:30 ~ 14:45

[SGD01-04] Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1] (1.京都大学理学研究科)

14:45 ~ 15:00

[SGD01-05] Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所、2.北海道大学、3.北海道立総合研究機構地質研究所、4.山梨県富士山科学研究所、5.筑波大学)

15:00 ~ 15:15

[SGD01-06] On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学地震研究所、3.国立天文台、4.筑波大学、5.防災科学技術研究所)

石岡測地観測局における重力値の季節変動
Seasonal variation of gravity values at the Ishioka Geodetic Observing Station

*冨山 顕[1]、兒玉 篤郎[1]、大森 秀一[1]、平岡 喜文[1]、矢萩 智裕[1]
*Akira Tomiyama[1], Tokuro Kodama[1], Shuichi Oomori[1], Yoshifumi Hiraoka[1], Toshihiro Yahagi[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

海外での絶対重力計の観測値の整合性は、国際度量衡委員会（Comité International des Poids et Mesures; CIPM）と国際測地学協会（International Association of Geodesy; IAG）の協力で定期的に開催される国際比較観測によって確認されている。一方、日本国内の絶対重力計については、2002年から毎年、国土地理院が主体となって実施している国内比較観測で整合性を確認しており、2016年からは絶対重力計を保有する国内の関係機関を石岡測地観測局に招聘して実施している。比較観測された結果の妥当性を議論するためには、石岡測地観測局における観測値が外的な要因でどの程度の時間的な揺らぎを持つのか把握しておく必要がある。そのため、同観測局内の基準重力点「石岡FGS」において、絶対重力計FG5による毎月1週間程度の定期観測を1年間実施し、重力値の季節変化等について評価した。本発表では、その結果を報告する。

キーワード：絶対重力計、季節変動
Keywords: Absolute gravimeter, Seasonal variation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山科学研究所重力点の設置と「フェーズフリー」重力観測
Installation of the First Gravity Station in the Mount Fuji Research Institute, and the Phase-Free gravity measurement

*本多 亮[1]、今西 祐一[2]、名和 一成[3]、田中 俊行[4]、兒玉 篤郎[5]、冨山 顕[5]
*Ryo Honda[1], Yuichi Imanishi[2], Kazunari Nawa[3], Toshiyuki Tanaka[4], Tokuro Kodama[5], Akira Tomiyama[5]

1. 山梨県富士山科学研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、4. 公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所、5. 国土地理院
1. MFRI, Yamanashi Prefectural Government, 2. ERI, University of Tokyo, 3. GSJ, AIST, 4. TRIES, ADEP, 5. GSI

Mount Fuji is an active volcano, the difficult situation is that we can’ t tell where the vent will open. Moreover, the eruption is thought to occur rapidly after the precursors such as grand deformations or increase of the seismic activities, because of its low viscosity magma. As a part of the volcano monitoring system, we are now constructing the gravity monitoring network. We are planning to install multiple continuous gravity monitoring stations. We installed the First Gravity Station in Mount Fuji Research Institute (MFRI) last year, where the absolute gravity value is measured by GSI. We are going to start the continuous observation in this station. Although low frequency events or tremors are observed sporadically, Mount Fuji is quiet at this point of time. So, the purpose of our observation at the beginning is to comprehend the precipitation and ground water effect, including snow melting effect in the spring time.

There is another interesting point for the gravity observation in Mount Fuji. The gravity difference between MFRI and the fifth station of the Yoshida trail is about 320 mGal, and the travel time between two points is about 30 minutes. It means that this is a good observation line for the verification of the gravimeters. Now we suggest the "phase-free" gravity measurement (https://phasefree.org/). The idea of "phase-free" is to eliminate the social phases (time, state) of normal times and disasters, so that goods or services normally used can be appropriately used at the time of disaster. If we continuously use the gravity observation line for the verification by various gravimeters in the normal time, that will be the important data for the volcano monitoring when the Mount Fuji is starting to prepare the eruption.

キーワード：重力、富士山、火山監視、重力計検定、フェーズフリー
Keywords: Gravity, Mount Fuji, Volcano Monitoring, Verification of Gravimeter, Phase-Free

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極ドロンニングモードランドの露岩域における絶対重力およびGNSS測定

Absolute gravity and GNSS measurements on bedrock outcrops in Dronning Maud Land, East Antarctica

*風間 卓仁[1]、青山 雄一[2]、福田 洋一[1]、土井 浩一郎[2]
*Takahito Kazama[1], Yuichi Aoyama[2], Yoichi Fukuda[1], Koichiro Doi[2]

1. 京都大学理学研究科、2. 国立極地研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. National Institute of Polar Research

南極氷床は長期の全球気候変動に大きな役割を果たしていて、将来の気候変動を予測するには南極氷床の時空間変動を詳細に把握することが重要である。いま氷床変動に伴う固体地球の荷重変形応答に注目すると、この応答には「現代の氷床変動に伴う弾性的地殻変動」と「過去の氷床変動に伴う粘弾性的地殻変動」の2種類が存在する。これらは地殻変動観測のみから分離することは困難であるものの、地上重力変化を同時に観測することで両者を分離することが可能である。しかしながら、南極地域で重力変化を観測している地点は非常に少ないため、固体地球科学の観点から南極氷床変動を詳細に理解するには南極のより多くの地点で重力観測を継続的に実施する必要がある。

そこで本研究は、南極氷床の大部分を占める東南極ドロンニングモードランドの2つの露岩域において、Micro-g LaCoste社製FG5絶対重力計（#210）を用いた絶対重力測定を2018年11月～12月に実施した。まず、我々は11月13日～26日の日程でノルウェーのトロール基地（南緯72.01度、東経2.53度）に滞在し、重力計室の基台（基準点名：Troll AA）上で絶対重力値を測定した。当初は寒さの影響で真空ポンプが作動しないなどのトラブルがあったものの、滞在6日目の11月18日に絶対重力測定を開始することができた。11月22日までの5日間で計178セットの重力データを取得し、それらの平均値として絶対重力値982,360,741.41 +/- 1.16 +/- 1.82 microGalを得た。次に、我々は11月26日～12月4日の日程でインドのマイトリ基地（南緯70.77度、東経11.73度）に滞在し、同様に重力計室の基台（基準点名：Maitri AB）上で絶対重力値を測定した。11月28日～12月1日の4日間で計112セットの重力データを取得し、それらの平均値として982,576,883.10 +/- 1.23 +/- 1.83 microGalを得た。

本研究で得られた絶対重力値を2012年１月～2月の測定結果(Dr. Jaakko Mäkinen, personal communication)と比較すると、約7年間にトロール基地では-4.4 microGal、マイトリ基地では-4.2 microGalだけ絶対重力値が減少していることが分かった。この原因としては地表面の沈降や基地周辺の氷床質量の損失が考えられる。なお、両基地では絶対重力と同時にGNSSデータを取得したので、このGNSSデータから地殻変動量を把握することで重力減少の原因を定量的に理解することができると期待される。

キーワード：南極氷床、絶対重力、相対重力、GNSS、トロール基地、マイトリ基地
Keywords: Antarctic ice sheet, absolute gravity, relative gravity, GNSS, Troll Station, Maitri Station

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Capability of ICA Method for separating GIA and Ice Mass Signals in Antarctica

*SHI TIANYAN[1]、福田 洋一[1]
*SHI TIANYAN[1], Yoichi Fukuda[1]

1. 京都大学理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

The Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) mission provided global gravity change data with a spatial resolution of a few hundred kilometers and a temporal resolution of 30 days. The GRACE data revealed the total mass changes in Antarctica and contributed to Antarctic Ice Sheet (AIS) mass balance researches. However, there are large uncertainties in Glacial Isostatic Adjustment (GIA) effects, which should be removed from the GRACE data, for estimating the AIS mass balance. While many studies have been conducted for estimating or removing the GIA effects thus far, we try to use a statistical analysis method called Independent Component Analysis (ICA) and investigated its capability of separating GIA and AIS mass signals.

We primarily employed GRACE RL05 mascon data provided by NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) of all the GRACE available period from January 2002 to June 2017 with the spatial coverage of all Antarctica. And we used three ICA methods, namely, spatial ICA (sICA), temporal ICA (tICA), and spatio-temporal ICA (stICA), for testing the characteristics and/or the capabilities of the methods.

The results showed that the GIA like signal can be recovered successfully with sICA which separated GIA signals and AIS mass change signals into two statistical independent components. On the other hand, tICA decomposed the GIA signal into two independent components. This suggested that tICA could not solve the signals mixing problem completely. Nevertheless, tICA detected an extra anomaly snow-fall signal around 2010. This shows that tICA may have the potential to separate long-term trend signals with different time scales. The results of stICA suggested that its characteristics could be seen as a combination of the above two methods. Thus, an appropriate combination of the methods should be examined.

We also tested other datasets and revealed the different datasets and/or pre-processing of the datasets largely affected the obtained results. It is impossible to assess the validity of the results only using the GRACE data. Therefore, additional information should be necessary to validate and interpret the results.

キーワード：GRACE、GIA、ICA
Keywords: GRACE, GIA, ICA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary result of continuous observation with an iGrav superconducting gravimeter at the Teshikaga observatory, eastern Hokkaido, Japan

*名和 一成[1]、高橋 浩晃[2]、大園 真子[2]、岡田 和見[2]、山口 照寛[2]、岡 大輔[3]、岡崎 紀俊[3]、本多 亮[4]、池田 博[5]
*Kazunari Nawa[1], Hiroaki Takahashi[2], Mako Ohzono[2], Kazumi Okada[2], Teruhiro Yamaguchi[2], Daisuke Oka[3], Noritoshi Okazaki[3], Ryo Honda[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 北海道大学、3. 北海道立総合研究機構地質研究所、4. 山梨県富士山科学研究所、5. 筑波大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Hokkaido University, 3. Geological Survey of Hokkaido, 4. Mount Fuji Research Institute, 5. University of Tsukuba

In November, 2018, continuous observation with the iGrav type superconducting gravimeter (# 017) was started at the Teshikaga Observatory of the Hokkaido University in order to carry out high spatiotemporal resolution gravity monitoring in the caldera / volcanic area in eastern Hokkaido. The gravity meter used in CCS project of Tomakomai site was temporarily relocated to the Minami-shinkawa Observatory in September of the same year and then moved to the Teshikaga Observatory from Minami-shinkawa at the timing before entering the snowy season . We report what kind of record is obtained by the superconducting gravimeter at each observatory in wide frequency band from the seismic to the geodetic band. The observation data will be registered in the Crustal Deformation Database of Hokkaido University for the purpose of archive, distribution and comparative analysis with other principle data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the anomalous temporal gravity change between VERA and F-net stations at Ishigakijima, Japan

*名和 一成[1]、今西 祐一[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]、木村 武志[5]
*Kazunari Nawa[1], Yuichi Imanishi[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4], Takeshi Kimura[5]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学地震研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学、5. 防災科学技術研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Astronomical Observatory of Japan, 4. University of Tsukuba, 5. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Continuous gravity and hydrological observations at Ishigakijima revealed that the gravity difference between the F-net station (gPhone) and the VERA station (superconducting gravimeter) is closely related with the change in the soil water content near the F-net station. It was also noted, however, that the gravity difference did not indicate significant changes on some occasions of heavy rainfall. In addition, our precipitation response model did not predict the observed gravity change well for a particular period expanding a few tens of days. Here we reexamine our data of precipitation, soil moisture, and underground water level as well as gravity, to refine our model of the hydrological effects on gravity at Ishigakijima.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 303 3F

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)、座長:名和 一成、本多 亮(山梨県富士山科学研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SGD01-07] 絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.東京大学大学院理学系研究科)

15:45 ~ 16:00

[SGD01-08] Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4.防災科学技術研究所)

16:00 ~ 16:15

[SGD01-09] 局地客観解析を用いた大気引力効果の評価

*田中 俊行[1] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所)

16:15 ~ 16:30

[SGD01-10] 精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1] (1.国土交通省国土地理院)

16:30 ~ 16:45

[SGD01-11] 航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2] (1.国土地理院、2.デンマーク工科大学)

16:45 ~ 17:00

Discussion

絶対重力の長期変動から読み解く桜島の火山活動（2009年～2018年）

Absolute gravity signals at the Sakurajima volcano since 2009 through 2018

*大久保 修平[1]、山本 圭吾[2]、井口 正人[2]、田中 愛幸[3]、今西 祐一[1]、西山 竜一[1]、安藤 美和子[1]、渡邉 篤志[1]
*Shuhei Okubo[1], Keigo Yamamoto[2], Masato Iguchi[2], Yoshiyuki Tanaka[3], Yuichi Imanishi[1], Ryuichi Nishiyama[1], Miwako Ando[1], Atsushi Watanabe[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. Graduate School of Science, The University of Tokyo

[1] はじめに

われわれは桜島火山において、2008年4月から2019年2月現在まで10年以上の長期にわたって絶対重力観測を行ってきた。この間に、火山活動は2009年に本格化し、およそ2015年までの7年間は、毎年の爆発回数が500～1000回にも及んだ。ことに2015年8月15日にはダイク貫入イベントが発生し、多数の火山性地震および10cmを超える地殻変動が観測され、噴火警戒レベルが４まで上げられるなど緊迫した事態も生じた。しかし、このイベント直後に爆発・噴火活動はかえって劇的に低下するという予想外の展開となった。本講演では、上述の火山活動が、長期的な重力変動データから、どのように解釈されるかについて議論する。

[2] 重力変動の特徴とその解釈

重力観測データには、降雨等に伴う陸水変動による重力擾乱や、不圧地下水の潮汐等、火山活動とは独立な要因で変化する成分が含まれている。これらの擾乱を除去する手法については、Kazama and Okubo (2009)や、Okubo et al (2014)で開発してきた。これらの擾乱を取り除いた後の重力シグナルを調べたところ、(1)~(3)に示す火山活動期ごとに、それぞれ特徴的な変動を示していることがわかった。

(1) ブルカノ式噴火期（2009年～2015年7月）

重力は±10microgalの変動幅におさまり、噴火活動が低調な時期には重力増加が、活発にな時期には重力減少が見られる。深さ5㎞程度のマグマだまりへのマグマ供給と、噴火による物質放出とが動的平衡状態にあると考えられる。

(2) ダイク貫入イベント（2015年8月前後）

6 microgalの重力減少が、10 microradian 程度の地殻変動と同期して（タイムラグなし）で生じた。両者の変動のタイムスケールはともに、12-18時間前後で完結している。

(3) 爆発活動が急激に静穏化した時期（2015年後半～）

重力は概ね10microgal/yrで単調に増加し、マグマ溜りの収縮を示唆する。

上記のさまざまな特徴は、火道の「開口 ・閉塞」状態のスイッチングを反映している。すなわち(1)では、火道が開口状態にあって、周囲に生じる弾性変形が小さく、重力変動の大部分が火道内のマグマ頭位変化＝線質量の長さ変化ととらえることができる。その後、火道が火道が閉塞させられ、地殻の弾性変形が生じた(2)の段階を経て、現在はマグマ溜りの収縮過程にある可能性がある。

キーワード：絶対重力、桜島火山
Keywords: Absolute Gravity, Sakurajima

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Detection of Earthquake-induced Prompt Gravity Signals in Multi-channel Data

*木村 将也[1]、亀 伸樹[1]、綿田 辰吾[1]、大谷 真紀子[2]、新谷 昌人[1]、今西 祐一[1]、安東 正樹[3]、功刀 卓[4]
*Masaya Kimura[1], Nobuki Kame[1], Shingo Watada[1], Makiko Ohtani[2], Akito Araya[1], Yuichi Imanishi[1], Masaki Ando[3], Takashi Kunugi[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻、4. 防災科学技術研究所
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Department of Physics, The University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Seismic waves radiating from an earthquake rupture induce density perturbations of the medium, which in turn generate widespread transient gravity perturbations before the arrival of P-waves. Recently, signal detections of such prompt gravity perturbations from the 2011 Tohoku-Oki earthquake were reported. However, the data used for the detections were only a small subset of the available data, and the statistical significance of the signals were not sufficient nor discussed. In this study, we optimized multi-channel data recorded by several instruments and searched for the signals from the 2011 event. Though the single-trace records did not show any signal, the stacked trace of the broadband seismometer array data in Japan showed a signal clearly standing above the noise level, and this detection was confirmed with a sufficient statistical significance. This result provides the first constraint on the amplitude of prompt gravity signals by observation and will work as a reference for future detections.

キーワード：earthquake-induced gravity perturbation、transient deformation、time variable gravity、2011 Tohoku-Oki earthquake
Keywords: earthquake-induced gravity perturbation, transient deformation, time variable gravity, 2011 Tohoku-Oki earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

局地客観解析を用いた大気引力効果の評価
Evaluation of atmospheric attraction effect using local-scale objective analysis (LANAL)

*田中 俊行[1]
*Toshiyuki Tanaka[1]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東濃地震科学研究所（TRIES）では，地下水を含めた地下の質量変動をモニターするために，瑞浪超深地層研究所の地上と地下で重力連続観測を継続している（Tanaka and Honda, 2018, doi:10.1002/2017EA000311）．これら２台の重力計間の質量変動は２台の重力差から評価出来る．また，２台の重力和は，地上重力計位置より上方と地下重力計位置より下方からの引力効果を反映する．地震に関連した重力変動，即ち，地下重力計位置より下方からの引力効果を抽出するためには，地上重力計より上方の大気引力効果を補正する必要がある（簡単のため，ここでは大気荷重変形効果と観測点近傍の高地の存在は無視する）．

これまでTRIESは，重力観測点を中心とする10˚×10˚×100hPa面（経度方向約900 km ×緯度方向約1100 km ×高度約16 km）の範囲の大気引力効果の計算には，メソ客観解析（MANAL）を用いてきた．これは，全球総和の大気引力効果時間変動振幅の6割程度を占める．

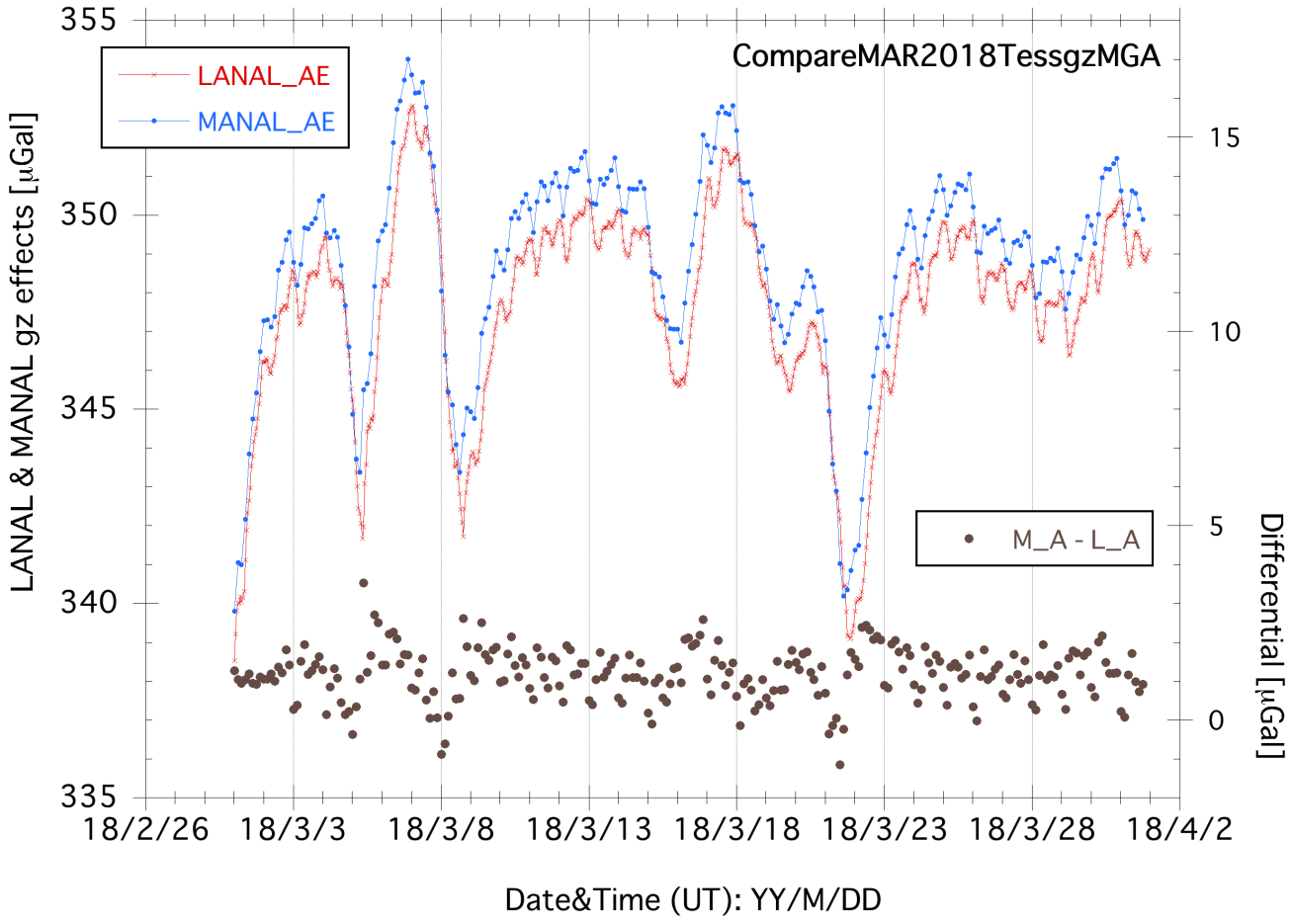
2018年より局地客観解析（LANAL）が公開開始となった．格子間隔はMANALとLANALは同じ5 kmだが，LANALは等気圧面（P面）数がMANALから１つ（975 hPa面）増えた．これにより観測点に近い高度の空間分解能が向上した．そして，時間間隔がMANALの3時間から1時間になった事で，時間分解能も向上した．したがって，大気引力効果の評価にMANALからLANALへの更新を見当する必要が生じた．

LANALも他の客観解析同様，GRIB2フォーマットで提供される．GrADS (http://cola.gmu.edu/grads/)を用いてLANALデータにアクセスするが，MANALでも見られたように，g2cltもしくはalt_g2ctlコマンドで生成されるコントロールファイルのままでは正常に表示出来なかった．コントロールファイルのPDEF行で，1になっているjref変数をjsize変数の値に変更する必要がある．また，地形面での大気密度計算やP面と地形高度の比較の必要性から，同梱される地形データ（4byte実数バイナリー）を使用する．これについてもMANAL同様の仕様で，GrADSの描画では南北方向が反転する．これを修正するため，北西端を開始点として格納されているデータを南西端を開始点として格納しなおした（処理系によってはバイトスワップも必要）．後は，MANAL用に開発した手順に準じて，大気引力効果の計算を行った．

本稿執筆時点では，2018年3月の１ヶ月間のみの計算結果であるが，同時刻数値の差の標準偏差は0.66 microGal，瞬間値では最大2.4 microGalの差が生じた．これまで用いてきたMANALとは有意な差がある．今後，重力観測データへの適用により，MANAL利用との違いを評価したい．

キーワード：重力、局地客観解析、大気
Keywords: gravity, local-scale objective analysis, atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

精密重力ジオイド構築に向けた航空重力測量の取組み
Airborne gravity survey for establishment of a new precise gravimetric geoid model

*兒玉 篤郎[1]、冨山 顕[1]、大森 秀一[1]、吉樂 絵里香[1]、矢萩 智裕[1]、平岡 喜文[1]、河和 宏[1]
*Tokuro Kodama[1], Akira Tomiyama[1], Shuichi Oomori[1], Erika Wada[1], Toshihiro Yahagi[1], Yoshifumi Hiraoka[1], Hiroshi Kawawa[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

これまで日本の標高は、東京湾平均海面を基準として決められた日本水準原点から、全国の主要国道沿いに約2km間隔で設置された水準点に対し、国土地理院が水準測量によって標高成果を取り付けることで維持管理されてきた。しかし、水準測量は非常に時間とコストがかかる上、地震やプレート運動等に伴う地殻変動を迅速に標高へ反映することが難しく、迅速な復旧・復興に支障を来たすという課題があった。一方で、国土地理院では、平成25年（2013年）4月の「日本のジオイド2011+2000」の公開に合わせて新たに「GNSSによる標高の測量マニュアル」を施行し、一部の公共測量において測位衛星を利用して標高を決定することを可能とした。しかしながら、これまで国土地理院が構築してきたジオイド・モデルは、既存の標高体系に整合させるため、電子基準点の楕円体高成果と水準測量による標高成果から得られる実測ジオイド高と、精度的には粗いが広域を計算できる重力ジオイド・モデルとを組み合わせたハイブリッドなモデルであった。そのため、地震に伴う地殻変動などにより楕円体高成果と標高成果がそれぞれ別に改定された場合には、その改定量をジオイド・モデルへ反映させる必要があり、結果として水準測量が終わるまでは使えない仕組みとなっている。また、重力ジオイド・モデルの構築に必要な重力データについても、山岳部や沿岸海域における空白域の存在や、衛星重力データの空間分解能が低いこと、国内にある地上重力データは大部分が約30年前に観測されたもので現況から乖離していること、さらにそれらの観測位置の情報は地図等から取得したものが多く精度が低いことなどから品質の面で課題がある。

そこで、これらの課題を解決し、より迅速に精度の高い標高決定を可能にするため、国土地理院では、平成30年（2018年）度から航空重力測量のプロジェクトを開始した。具体的には、2019年度から４年計画で、航空機に搭載した相対重力計を用いて全国の重力データを整備し、そのほかに利用可能な地上重力、衛星重力、海上重力等のデータと組み合わせて新たに３cm精度以下の精密重力ジオイド・モデルを構築する。電子基準点から得られる楕円体高と精密重力ジオイド・モデルを基盤とした新たな標高の仕組みを2024年度までに整備し、誰もが衛星測位で簡単に高精度な標高を利用できる社会を目指す。精密重力ジオイド・モデルは楕円体高成果や標高成果に依存しないため、地殻変動が発生した場合でも衛星測位で迅速に標高算出が可能となる。

本発表では、国土地理院が目指す新たな標高の仕組みと、その実現に向けた航空重力測量の取組み状況について報告する。

キーワード：航空重力測量、重力ジオイド・モデル、標高体系
Keywords: Airborne gravity survey, Gravimetric geoid model, Height system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空重力データを用いた重力ジオイド・モデリング：米国コロラド州を例に

Gravimetric geoid modeling using airborne gravity data : a case study in Colorado, U.S.A.

*松尾 功二[1]、Rene Forsberg[2]
*Koji Matsuo[1], Rene Forsberg[2]

1. 国土地理院、2. デンマーク工科大学
1. GSI of Japan, 2. Denmark Technical University

日本の標高は、水準測量により維持管理されているが、全国規模の水準測量には膨大な時間と費用を要する。そこで、国土地理院では衛星測位と精密重力ジオイド・モデルを用いた効率的な標高の維持管理への移行に向けて、2019～2022年にかけて全国を対象に航空重力測量を実施し、日本列島の重力ジオイド・モデルの精密化を計画している。本研究では、航空重力データを用いて精密重力ジオイド・モデルを構築するための最適な計算手法について海外の既存のデータを用いた検証を行った。検証に用いたデータは、NGS（米国測地測量局）とデンマーク工科大学より提供を受けた米国コロラド州のデータである。本発表では、２つの異なる計算手法（ストークス・ヘルマート法とUNB法）で構築したジオイド・モデルについて検証結果を報告する。

キーワード：測地学、重力・ジオイド、航空重力測量
Keywords: Geodesy, Gravity and Geoid, Airborne gravimetry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 105 1F

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)、座長:愛知 正温、酒井 和紀

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

9:00 ~ 9:15

[SGD02-01] 地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1] (1.国土交通省国土地理院)

9:15 ~ 9:30

[SGD02-02] 衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

*愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SGD02-03] 干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1] (1.国土地理院)

9:45 ~ 10:00

[SGD02-04] InSAR計測技術の資源探査への利用

*六川 修一[1]、中村 貴子[1] (1.東京大学)

10:00 ~ 10:15

[SGD02-05] The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

★Invited Papers

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1] (1.関東天然瓦斯開発株式会社)

10:15 ~ 10:30

[SGD02-06] GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策

★招待講演

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2] (1.宇宙航空研究開発機構、2.大阪府立大学)

地殻変動補正と精密重力ジオイドが導く高精度３次元測位社会の未来
Future vision of the society for utilizing highly precise three dimensional positioning data by applying crustal deformation and precise gravimetric geoid model

*矢萩 智裕[1]、小門 研亮[1]、吉田 賢司[1]、豊福 隆史[1]、岩田 昭雄[1]、宮原 伐折羅[1]
*Toshihiro Yahagi[1], Kensuke Kokado[1], Kenji Yoshida[1], Takashi Toyofuku[1], Masao Iwata[1], Basara Miyahara[1]

1. 国土交通省国土地理院
1. GSI of Japan

2018年11月に準天頂衛星による高精度なセンチメートル級測位補正サービス（CLAS）が開始されるなど、近年，GPSや準天頂衛星等を利用した衛星測位技術が発達し，高精度な位置情報を誰でも簡易に利用できる環境が整いつつある。衛星測位の利活用は、基準点の維持管理や公共工事用の位置基準の決定といった従来の測量用途から、自動運転、ICT施工、スマート農業、ドローン宅配等の様々な分野に拡大しており、測位結果を矛盾なく利用するための仕組み作りが必要となるとともに、３次元空間で位置情報が利活用できる環境整備が求められる。

我が国の位置情報の基盤である基準点の位置は、過去のある時点（元期）における座標で管理され、地図等の地理空間情報もこれら基準点の位置情報に基づいて整備されている。一方、測位手法の中には、CLASをはじめとする現在（今期）の位置情報を決定する技術もあり、地殻変動の影響によって、衛星測位の精度が上がれば上がるほど、得られる位置情報と既存の地理空間情報の位置との不整合が問題となる可能性がある。また、我が国の標高は、明治以来国土地理院が全国で繰り返し実施してきた水準測量を基盤とした仕組みとなっている。衛星測位で得られる楕円体高を標高に換算するためには、重力データから計算できる標高の基準（ジオイド）の情報によって補正する必要があるが、既存の重力データの品質では水準測量に置き換えられる精度のジオイド・モデルを構築できないという課題もある。

上記の背景を踏まえ、国土地理院では、2020年を目途に測位結果と既存の地理空間情報とを整合させる仕組みである地殻変動補正システムを構築することとし、2019年1月から3月までテスト版の計算サイトを公開し利用者のニーズを把握した。また、衛星測位から高精度な標高を得られる環境を整備するため、2019年度から4年かけて航空重力測量により全国の重力データを取得し、2024年度までに全国で精度3cm以内の精密重力ジオイド・モデルを構築するプロジェクトを立ち上げ、2018年度は重力計調達のほか、地上検定線の設置、測線の設計等の準備を行っている。さらに、これらのデータを活用した３次元位置情報サービスの可能性を探るため、産官学各分野への関係者へのヒアリング調査も進めている。本講演では、３次元測位情報の高度利用に向けた国土地理院の取組について報告する。

キーワード：地殻変動補正、重力ジオイド・モデル、航空重力
Keywords: Crustal deformation model , Gravimetric geoid model, Airborne gravity survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星による地表面変位観測データの地下水流動・地盤沈下モデル逆解析への活用に関する予察的検討

Preliminary study on the application of satelite-based monitoring for land surface displacement to inverse analyses of groundater flow/land subsidence modeling

*愛知 正温[1]
*Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

InSAR技術の発展やGNSS観測点数の増加により、広範囲の地表面変位を観測できるようになったことから、これを地下水・地盤沈下モデルのキャリブレーションに用いることができれば、これまで以上にモデルの精度向上につながると期待されている。一方で、観測地表面変位データには、地震やその余効変動など、地下水揚水とは関係のない成分が含まれることがあり、そのままモデルの比較対象とする情報としては適切でないことがあると考えられる。地下水揚水に関わる変動成分とそうでない変動成分を分離しながら、モデルのキャリブレーションを行う手法を開発することが重要であると考えられる。

本研究では、未知の地表面変動は空間的になめらかに変化するという事前の仮定を追加し、以下の3段階の操作を繰り返し行って推定する手法を提案した。まず、適当な地下水・地盤沈下モデルを用いて地下水揚水に起因する変位成分を計算した結果と、観測データとの差分変位分布データを作成する。その上で、差分変位分布データの回転エネルギーを計算する。地下水・地盤沈下モデルのパラメータを変更し、差分変位分布データの回転エネルギーが最小化するようにパラメータを探索する。

仮想的な地下水利用および広域的地殻変動を仮定した数値実験を行った結果、広域的な変動成分や未知の揚水による地盤沈下が観測データに含まれている場合にも、その影響を受けずに地下水・地盤沈下モデルのキャリブレーションを行える可能性があることが示唆された。

キーワード：地下水、地盤沈下モデル、逆解析、衛星モニタリング
Keywords: groundwater, land subsidence modeling, inverse analysis, satellite-based monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SARによる全国の地盤変動監視と2.5次元解析の活用
Monitoring of ground deformation all over Japan by InSAR and utilizing 2.5-D analysis

*酒井 和紀[1]、林 京之介[1]、桑原 將旗[1]、山下 達也[1]、本田 昌樹[1]、宗包 浩志[1]
*Kazuki Sakai[1], Kyonosuke Hayahsi[1], Masaki Kuwahara[1], Tatsuya Yamashita[1], Masaki Honda[1], Hiroshi Munekane[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

国土地理院では、全国の地盤変動の監視を目的に、陸域観測技術衛星2号「だいち2号」（ALOS-2）の観測データを用いたSAR干渉解析を実施している。また、大規模な地震や火山活動等の発生時には、臨時的なSAR干渉解析により、これらに伴う変動を迅速に把握している。得られた変動情報については、地震調査委員会や火山噴火予知連絡会等の防災関係機関に情報提供するとともに、国土地理院のwebサイトに掲載している。

単独の観測ペアに対するSAR干渉解析では、2回の観測の間に生じた衛星ー地表間の距離の1次元の変化しか捉えることができない。しかし、同一の範囲を東西両方向から観測したデータを用いることで、変動の準上下成分と準東西成分を導出することができる。この手法を2.5次元解析（Fujiwara et al., 2000）という。準上下（東西）成分の「準」とは、得られる変動成分が完全な上下または東西方向ではなく、数度ずれた方向であることを示している。

SAR干渉画像は衛星ー地表間の変動量を虹色で表現しており、変動を直感的に理解することが難しいことに加え、単独の画像では変動の方向を特定することができない。一方、2.5次元解析では変動の理解が容易になるとともに、変動の方向が特定できるというメリットがある。国土地理院では、わかりやすい干渉SARによる変動情報の公開方法について検討を進めており、そのひとつの手法として2.5次元解析の活用を進めているところである。2.5次元解析の活用例として、平成30年（2018年）北海道胆振東部地震では、準上下成分の結果が当該地域の水準点の復旧測量実施範囲の検討に活用されたことが挙げられる。
本発表では、SAR干渉解析により捉えられた地盤変動や、地震や火山活動における2.5次元解析の解析事例について紹介する。

＊謝辞

本研究で用いたALOS-2データは「陸域観測技術衛星2号に関する国土地理院と宇宙航空研究開発機構の間の協定」に基づいて提供されたものであり、原初データの所有権はJAXAにあります。

キーワード：干渉SAR、2.5次元解析、地盤変動、だいち２号（ALOS-2）
Keywords: InSAR, 2.5-D analysis, Ground deformation, ALOS-2

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

InSAR計測技術の資源探査への利用
Resource Exploration using Interferometric Synthetic Aperture Radar Measurement Technology

*六川 修一[1]、中村 貴子[1]
*Shuichi Rokugawa[1], Takako Nakamura[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

宇宙からの地球観測技術のひとつであるSARを用いたInSAR（干渉型合成開口レーダ）は、地上に観測点を必要とせず地表の変形を検出可能とする技術である。ALOS/PALSAR-2に搭載されたLバンドSARは日本特有のセンサで植生を透過するため森林に覆われた日本のような地域で有効である。干渉SARは様々な技術的応用の可能性がある。この技術はこれまで地震や火山噴火に伴う地殻変動や自然災害による変動などの比較的突発的かつ大きい変動を中心とした解析に使われてきたが、継続的な地盤変動モニタリングにより微小な変動量抽出も可能である。また、水準測量やGNSSと異なり、InSARを用いた測量は広域な地盤沈下の状況が面データとして解析可能であるという利点があるが、その反面、解析に際してはそれなりのデータ量の蓄積を必要とする。本研究では、実際の石油生産国であるクウェートと、千葉県に分布する東関東ガス田を解析対象地域に選定し詳細な解析を行った。その結果、クウェートについては主に４か所で顕著な地盤変動が確認され、各地点がそれぞれブルガン油田、ミナギシュ油田、ウムグダイヤ油田、ワフラ油田の位置と一致していることが確認できた。このことから干渉SARを用いて油田の産油地点付近の地盤変動を的確に把握できる可能性があることが分かった。また、ブルガン油田を例として、2004年から2010年までの7年間における生産量の実データと干渉SARより算出したデータの相関性について解析した結果、高い相関(相関係数：0.83)が確認された。この結果から、油田の影響範囲内における沈下量と油田の生産量の間には一次相関があることが確認され油田の沈下量と実際の生産量の間に高い相関性が認められたことにより、干渉SARの解析結果から適切な生産マネジメントができる可能性が示された。また、千葉県においても同様にInSAR時系列解析を行い地盤変動量の空間分布を時系列的に把握し、天然ガスの生産状況のモニタリングと生産マネジメントの可能性を考察した。

キーワード：干渉型合成開口レーダ、ALOS/PALSAR-2、油田
Keywords: InSAR, ALOS/PALSAR-2, oil/gas fields

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method

*村本 良幸[1]、早津 晋[1]、檜山 学良[1]、村井 大助[1]、国末 彰司[1]
*Yoshiyuki Muramoto[1], Susumu Hayatsu[1], Michiharu Hiyama[1], Daisuke Murai[1], Shoji Kunisue[1]

1. 関東天然瓦斯開発株式会社
1. KANTO NATURAL GAS DEVELOPMENT CO., LTD

[Background]
We have been developing the Southern Kanto gas field for many years. This field which contains natural gas dissolved in water is located primarily under Chiba prefecture, and it extends across a wide area of the Kanto region, including Ibaraki, Saitama and Kanagawa prefectures as well as Tokyo Metropolis. This field’s recoverable reserves are estimated 368.5 billion cubic meters, making it the largest field of gas dissolved in water in Japan. The gas is dissolved in formation water which is called brine, so it is produced together with brine. Commercial production of natural gas has been conducted in Chiba prefecture since 1931 and has contributed to the growth in the region. Formerly, it was mainly used for industrial gas, but now most common usage is for city gas. On the other hand, land subsidence has been confirmed in Kujukuri area, east of Chiba prefecture. Brine production is considered as one of possible causes of it. Companies producing natural gas in this area including our company have made a land subsidence prevention agreement with the Chiba prefectural government to prevent and control land subsidence. Also, from the technical point of view, we conduct joint study on environmental issues with other gas production companies as a member of “Environmental Technology Research Association for Natural Gas Dissolved in Water”.

[Observation of land subsidence]
The Chiba prefectural government has conducted leveling every year. We also have conducted it, but it takes a lot of time to get the survey result because we have to revise the observation data based on the leveling result conducted by local government. On the other hand, GNSS observation which is one of the surface level observation techniques has been prevailed recently. The advantage of GNSS is that continuous observation is possible at the place where it is installed. In Japan, the Geographical Survey Institute has established GEONET (GNSS Earth Observation Network System) throughout the country. We installed GNSS stations in our operating area and analyze these data together with GEONET’s since 2013 to get circumstance of land subsidence quickly.

[Application example of GNSS for natural gas production]
We installed GNSS station to monitor the land subsidence in a certain area where natural gas is newly developed. The reason for that is because we need to adjust the brine production rate based on land subsidence. We use GNSS data in “PDCA Management for Land Subsidence Control”, one method for controlling land subsidence systematically. This method consists of four elements. “P”, Plan, means making of production plan based on the simulation result. “D”, Do, means production of natural gas based on the production plan. “C”, Check, means observation and evaluation of land subsidence by GNSS and leveling. “A”, Act, means update of simulation model. By repeating this method every year, we will improve the way of subsidence management.
In the presentation, we will introduce the application example of GNSS for natural gas development together with PDCA Management Method.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：GNSS、水溶性天然ガス、南関東ガス田
Keywords: GNSS, Natural gas dissolved in water, Southern Kanto gas field

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSS衛星航法が利用拡大する航空分野における新たな脅威と対策
New threats and countermeasures in the aviation field where the use of GNSS satellite navigation expands

*藤原 健[1]、辻井 利昭[2]
*Takeshi Fujiwara[1], Toshiaki Tsujii[2]

1. 宇宙航空研究開発機構、2. 大阪府立大学
1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. Osaka Prefecture University

宇宙測地計測を利用した工学分野のひとつである航空分野において、GNSSを利用した衛星航法の重要性は飛躍的に増大しつつある。アジア太平洋地域を中心に世界的に増加が予想される将来の航空交通需要に対し、我が国では将来の航空交通システムに関する長期ビジョンCARATS（Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems：航空交通システムの変革に向けた協調的行動）を国土交通省航空局が作成し、JAXAもCARATSと連携した次世代運航システムの研究開発プロジェクトDREAMS（Distributed and Revolutionary Efficient Air-safety Management System：分散型高効率航空交通管理システム）、およびそのフォローアップ研究事業を実施してきた。

CARATSは、変革の方向性のひとつとして「全飛行フェーズでの衛星航法の実現」を掲げ、今後ますますGNSS（Global Navigation Satellite Systems：全球測位衛星システム）を利用した衛星航法の利用を推進している。なかでも衛星航法による精密進入やRNP（Required Navigation Performance：航法性能要件）運航の実現は柔軟な運航を可能とし、将来の増加した航空交通量のもとでの安全かつ高密度な運航につながると期待されている。

一方、これら衛星航法による柔軟な運航の実現には、GNSSの信号の伝搬経路にある電離圏の異常への適切な対処が必要とされている。欧米では太陽フレア等を原因とする磁気嵐（中低緯度において全世界的に地磁気が減少する現象）に起因する大きな電離圏異常がおもな脅威とされ、多くの評価がなされてきた。それに対し日本などの磁気緯度の低い地域では、より高頻度な赤道プラズマバブル（赤道域電離圏においてプラズマ密度が局所的に減少する現象）の影響が懸念されている。

このような一時的な衛星航法の脅威への対抗策として、外部からの信号等に頼らずに航法を実現できるINS（Inertial Navigation System：慣性航法装置）を援用する技術が従来から提案されてきた。この技術を民間航空機の正式な運航で使用できるようにするために、現在、米国RTCA（Radio Technical Commission for Aeronautics：航空無線技術委員会）において技術基準の策定が進められている。

技術基準においては、開発した航法装置が民間航空機に搭載するにあたり必要な機能・性能を有しているか試験・検証する方法を規定するが、多様な条件下での各種性能を評価するためには、実環境における試験だけでは十分とは言えず、多様な条件設定が可能である数値シミュレーションの活用が不可欠である。衛星航法に対する電離圏異常等の影響を評価するためには、それらがGNSSの信号に与える影響を調査し、その結果を数値解析モデルとして数値シミュレーションに組み込む必要がある。

JAXAは、DREAMSプロジェクトにおいて衛星航法の信頼性向上についての研究に取り組み、実際の電離圏異常環境下でGNSSデータを収集し、調査を行ってきた。本講演では、航空分野におけるGNSSの利用拡大の状況を報告するとともに、実際の電離圏異常環境下で収集されたGNSSデータの調査結果と、その結果をもとに構築された数値解析モデル、ならびにそのモデルを組み込んだ数値シミュレーションツールについて紹介する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：航空、GNSS、衛星航法
Keywords: aviation, GNSS, satellite navigation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ
Dynamic map for engineering use of GNSS positioning

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4]
*Mikio Satomura[1], Seiichi Shimada[1,2], Hirokazu Ito[1], UKEI KAZUYUKI[1], Mikio Sueno[1,3], Shigeru Nakao[4]

1. 株式会社日豊、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 株式会社カルシステム、4. 鹿児島大学大学院理工学研究科
1. Nippo Company, Limited, 2. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, 3. Calsystem Company, Limited, 4. Graduate School of Scienece and Engineering, Kagoshima Univeresity

１．はじめに

我々は，2008年以降国土地理院の電子基準点RINEXデータを毎日取得し，GAMIT/GLOBKソフトウエアを用いて自動解析を行って，日値と週値の座標データを蓄積している(島田ほか,2014;2015)．その解析の基準座標系はできるだけその時点で最新の座標系の準拠するように2008年4月～2011年10月はITRF2005，2011年10月～2017年5月はITRF2008，2017年5月以降はITRF2014座標系を使用している．解析では，ITRF座標系に拘束するための基準点として，日本周辺の30点のIGS点の観測データを用い，日本国内の電子基準点データと一緒にして解いている．また、Bernese Ver.5.2を用いて同じ条件で解析を行い，結果に解析ソフトウエアによる差が出ていないか否かについてチェックを行っている．さらに日本の地殻変動のモニタリングのために，日本全域を1174の四角形の網と197の三角形の網に分け，それぞれの基線長，面積ひずみを計算している．これらのシステムについてはいくつかの特許を取り，それに基づいて計算を行っている．また，これらの結果については，測地学会やJpGUでも何度か研究発表を行ってきた．

２．工学利用のためのダイナミックマップ（4次元マップ）管理への適用

以上のデータを用いることで，地盤情報システム（JISLaD)として，電子基準点の位置や基線長の変化をすでに公開している．また面積ひずみ等の変動のモニタリング結果の公表も予定している．

さらに，GEONET点での変動から任意の点の変動速度を算出することを計画している．具体的には，4次元マップであるダイナミックマップ管理への適用を考えている．

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中の1項目として，第1期，第2期ともに自動走行システムが挙げられている．自動走行システムはさまざまの技術を結集すべきシステムであるが，その中の重要な項目として高精度のデジタル地図があげられる．自動走行のための自己位置の推定には衛星測位情報等を用いた自己位置の認識が重要であるが，それに対応する地図がなければ自己位置の認識だけでは意味がない．

いうまでもなく日本は地殻変動が激しい．したがって一度精密なデジタル地図を作ったからと言っていつまでもその地図が使えるわけではない．

日本の地図の地殻変動に対する考え方は，セミダイナミックシステムが基本になっている．つまりまず元期を決め，地殻変動の観測に基づいて，現在測量した最新の位置座標を元期の座標の値に戻して，地図との対応をとるという考え方である．

この方式は，土地の登記等の利用には向いているのだろうが，地殻変動の激しい日本列島でその瞬間ごとの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自動車の位置と地図とを対応させる自動走行システムに向いているとは言えない．そこで，我々は地殻変動に伴う変化を考慮して地図の座標そのものを日々新しいものにしていくダイナミックマップが自動走行システムの重要な基盤になると考え，JISLaDデータのダイナミックマップ管理への適用を考えている．東北地方では，東北地方太平洋沖地震以降，いまだに年間10㎝を超えるような余効変動変動が続いている．自動走行に使う基盤地図としては10㎝程度の精度が必要であると考えており，このことは新たな地震等による地殻変動が起こらなくても，東北地方は最低年1回は地図の更新が必要であることを意味している．

この考え方は，何も道路と自動走行の車に限ったものではなく，精密座標の取得が有効と考えられるすべての工学利用にとって重要なことであり、特に電子航法を使っている航空機と空港の位置関係の確認などにはとても重要な事柄である．

キーワード：ダイナミックマップ、４次元座標管理、GNSS精密測位
Keywords: dynamic map, 4 dimensional coordinate management, precise GNSS positioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について
Utilization of Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis Technology for Disaster Prevention

*中村 貴子[1]、六川 修一[1]
*Takako Nakamura[1], Shuichi Rokugawa[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

本研究は、干渉SAR時系列解析を用いて土砂崩れなどの災害発生前後の地盤変動の抽出とモニタリングの可能性を考察するものである。解析は過去に災害が発生した場所で、その発生前後の時期に取得された衛星画像データを用いて行った。こうして得られた成果は、近年多発する地震や火山噴火、局所的な豪雨による土砂災害の危険地域において災害の発生時期をある程度予測する材料になりうると思われる。実際に土砂災害の被災地域をいくつか選定し、モデル地域として干渉SAR解析技術を用いた地盤変動解析を行った。

選定地域は宮崎県の耳川上流域、広島県南西部、九州北西部などで、それぞれ過去に土砂災害に見舞われた地域や地すべり危険区域である。使用データはALOS/PALSARのアーカイブデータの中から、衛星稼働期間中に取得された偏波：HH、入射角：34.3°の画像データを用いた。干渉SAR時系列解析の適用においては、複数の軌道の干渉画像を統合的に解析する平滑化拘束付きインバージョン手法を用いて微小な変動の検出を可能にしている。また、ディセンディングとアセンディングの２軌道を用いた2.5次元解析も行った。解析の結果、耳川上流域では、崩壊跡の他、未崩壊の地点でも強い変位が見られ、これから崩壊が起こる可能性の高い地点が抽出されている可能性が高いと思われる。そのような地域は他の解析例でも見られた。広島県南西部の被災地周辺の2.5次元解析結果からは東向成分の変動量図から実際の土砂災害箇所がほぼピンポイントで抽出された。本地域は北東－南西方向の断層が卓越しており連続した山の斜面が同様の方向に延びており、それらの特徴的な地形が地盤変動の方向に影響しているものと思われる。九州北西部地域では、メディアンフィルタ＋ヒストグラム抽出処理＋ラプラシアンフィルタ処理を併用することで、地すべり箇所の他に地すべりの初期変動が起こっていると思われる箇所がいくつか検出された。

以上の結果、災害時に起こる比較的大きな変動と異なり、災害直前の微細な地盤変動を抽出するためには、干渉SAR時系列解析に様々な工夫が必要であることが分かった。また、干渉SAR解析を用いたモニタリングを実運用するためには、対象地域の地質や地形の特徴を十分考慮し、平時から対象地域に関するベースとなる情報を蓄積整備しておくことが重要であると思われる。有事の際には最新の観測データを直ちに入手し、アーカイブデータと追加解析を行うことにより、最新の変動状況が入手可能となる。

キーワード：干渉SAR時系列解析、防災、地盤変動解析
Keywords: Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis, disaster prevention, ground deformation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動
The annual and secular movements of vertical component in GEONET sites caused by groundwater usages

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1]
*Seiichi Shimada[1], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

GEONETの多くの観測点において，地下水の利用に起因する上下成分の年周・長期変動などが観測されている．地下水汲み上げに伴う地盤の上下変動観測は，地下水位や気象要素の観測と並んで，地下水循環モデル確立のために不可欠な観測要素である．国土地理院は上下変動のモニター手段を，従来の水準測量からGNSSなど宇宙測地手法へと転換しようとしており，近い将来GNSS観測による上下変動観測手法は，地下水循環モデルを通じて，地下水利用とその管理に不可欠な観測ツールとなっていく可能性が高い．地下水利用において大きな障害の一つである地盤沈下を観測するために，近い将来大量の地下水を汲み上げる水井戸近傍には，GNSS観測のためのアンテナ基台設置が不可欠になっていくであろう．

本講演では，GEONET観測点のうち，関東地方及び新潟県にある152点を解析して明らかにされた，地下水利用に伴う年周変動及び長期のsecular変動の例を紹介する．解析ではまず東アジア及び周辺域の23点のIGSを座標基準点としてGEONET観測点の日値座標値を求めた．座標基準系としてITRF2014，マッピング関数としてVMF1マッピング関数を用い，カットオフ仰角は10°とした．また，毎時の天頂遅延量と４時間毎の大気勾配を，観測点座標値・ambiguityとともに推定した．次に30日windowのKalmanフィルタを適用して短周期の変動を取り除き，年周・半年周変動やsecular変動などの上下変動を，長期間の観測データから明らかにした．

関東地方の観測点においては，埼玉県を中心とした関東平野中部～北部における地下水の農業利用による上下変動が検出されている．例えば，国土地理院構内にあるつくば１観測点（92110点）では，近傍のVLBI観測や地下水位観測と調和的な，夏季に沈降する年周変動が観測されており，周辺の水田における地下水の農業利用のための地盤変動と考えられている（飛田ほか，2004; Munekane et al., 2010; Shimada et al., 2017）．

九十九里地域では水溶性天然ガス採取のための大きな沈降変動が観測されている．この地域の大網白里観測点（93027点）と長生観測点（93033点）では，冬季に沈下する年周変動のほか，水準変動やInSAR観測と調和的な長期にわたる地盤沈下が観測されている（原田，2018; 島田ほか，2018）．

新潟平野を含む新潟県内では，消雪用の地下水利用が盛んに行われており，このための上下変動が観測されている．例えば三条市内の新潟栄観測点（970810点）では，冬季に沈降する年周変動のほか，特に積雪量が多く地盤沈降量が大きかった年に，非弾性的な永年沈下の進行が見られている（島田，2018）．

キーワード：GNSS測定、GEONET、地下水利用、年周変動、長期変動
Keywords: GNSS measurements, GEONET, Groundwater usage, Annual movements, Secular movements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ
Dynamic map for engineering use of GNSS positioning

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4]
*Mikio Satomura[1], Seiichi Shimada[1,2], Hirokazu Ito[1], UKEI KAZUYUKI[1], Mikio Sueno[1,3], Shigeru Nakao[4]

1. 株式会社日豊、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 株式会社カルシステム、4. 鹿児島大学大学院理工学研究科
1. Nippo Company, Limited, 2. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, 3. Calsystem Company, Limited, 4. Graduate School of Scienece and Engineering, Kagoshima Univeresity

１．はじめに

我々は，2008年以降国土地理院の電子基準点RINEXデータを毎日取得し，GAMIT/GLOBKソフトウエアを用いて自動解析を行って，日値と週値の座標データを蓄積している(島田ほか,2014;2015)．その解析の基準座標系はできるだけその時点で最新の座標系の準拠するように2008年4月～2011年10月はITRF2005，2011年10月～2017年5月はITRF2008，2017年5月以降はITRF2014座標系を使用している．解析では，ITRF座標系に拘束するための基準点として，日本周辺の30点のIGS点の観測データを用い，日本国内の電子基準点データと一緒にして解いている．また、Bernese Ver.5.2を用いて同じ条件で解析を行い，結果に解析ソフトウエアによる差が出ていないか否かについてチェックを行っている．さらに日本の地殻変動のモニタリングのために，日本全域を1174の四角形の網と197の三角形の網に分け，それぞれの基線長，面積ひずみを計算している．これらのシステムについてはいくつかの特許を取り，それに基づいて計算を行っている．また，これらの結果については，測地学会やJpGUでも何度か研究発表を行ってきた．

２．工学利用のためのダイナミックマップ（4次元マップ）管理への適用

以上のデータを用いることで，地盤情報システム（JISLaD)として，電子基準点の位置や基線長の変化をすでに公開している．また面積ひずみ等の変動のモニタリング結果の公表も予定している．

さらに，GEONET点での変動から任意の点の変動速度を算出することを計画している．具体的には，4次元マップであるダイナミックマップ管理への適用を考えている．

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中の1項目として，第1期，第2期ともに自動走行システムが挙げられている．自動走行システムはさまざまの技術を結集すべきシステムであるが，その中の重要な項目として高精度のデジタル地図があげられる．自動走行のための自己位置の推定には衛星測位情報等を用いた自己位置の認識が重要であるが，それに対応する地図がなければ自己位置の認識だけでは意味がない．

いうまでもなく日本は地殻変動が激しい．したがって一度精密なデジタル地図を作ったからと言っていつまでもその地図が使えるわけではない．

日本の地図の地殻変動に対する考え方は，セミダイナミックシステムが基本になっている．つまりまず元期を決め，地殻変動の観測に基づいて，現在測量した最新の位置座標を元期の座標の値に戻して，地図との対応をとるという考え方である．

この方式は，土地の登記等の利用には向いているのだろうが，地殻変動の激しい日本列島でその瞬間ごとの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自動車の位置と地図とを対応させる自動走行システムに向いているとは言えない．そこで，我々は地殻変動に伴う変化を考慮して地図の座標そのものを日々新しいものにしていくダイナミックマップが自動走行システムの重要な基盤になると考え，JISLaDデータのダイナミックマップ管理への適用を考えている．東北地方では，東北地方太平洋沖地震以降，いまだに年間10㎝を超えるような余効変動変動が続いている．自動走行に使う基盤地図としては10㎝程度の精度が必要であると考えており，このことは新たな地震等による地殻変動が起こらなくても，東北地方は最低年1回は地図の更新が必要であることを意味している．

この考え方は，何も道路と自動走行の車に限ったものではなく，精密座標の取得が有効と考えられるすべての工学利用にとって重要なことであり、特に電子航法を使っている航空機と空港の位置関係の確認などにはとても重要な事柄である．

キーワード：ダイナミックマップ、４次元座標管理、GNSS精密測位
Keywords: dynamic map, 4 dimensional coordinate management, precise GNSS positioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について
Utilization of Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis Technology for Disaster Prevention

*中村 貴子[1]、六川 修一[1]
*Takako Nakamura[1], Shuichi Rokugawa[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

本研究は、干渉SAR時系列解析を用いて土砂崩れなどの災害発生前後の地盤変動の抽出とモニタリングの可能性を考察するものである。解析は過去に災害が発生した場所で、その発生前後の時期に取得された衛星画像データを用いて行った。こうして得られた成果は、近年多発する地震や火山噴火、局所的な豪雨による土砂災害の危険地域において災害の発生時期をある程度予測する材料になりうると思われる。実際に土砂災害の被災地域をいくつか選定し、モデル地域として干渉SAR解析技術を用いた地盤変動解析を行った。

選定地域は宮崎県の耳川上流域、広島県南西部、九州北西部などで、それぞれ過去に土砂災害に見舞われた地域や地すべり危険区域である。使用データはALOS/PALSARのアーカイブデータの中から、衛星稼働期間中に取得された偏波：HH、入射角：34.3°の画像データを用いた。干渉SAR時系列解析の適用においては、複数の軌道の干渉画像を統合的に解析する平滑化拘束付きインバージョン手法を用いて微小な変動の検出を可能にしている。また、ディセンディングとアセンディングの２軌道を用いた2.5次元解析も行った。解析の結果、耳川上流域では、崩壊跡の他、未崩壊の地点でも強い変位が見られ、これから崩壊が起こる可能性の高い地点が抽出されている可能性が高いと思われる。そのような地域は他の解析例でも見られた。広島県南西部の被災地周辺の2.5次元解析結果からは東向成分の変動量図から実際の土砂災害箇所がほぼピンポイントで抽出された。本地域は北東－南西方向の断層が卓越しており連続した山の斜面が同様の方向に延びており、それらの特徴的な地形が地盤変動の方向に影響しているものと思われる。九州北西部地域では、メディアンフィルタ＋ヒストグラム抽出処理＋ラプラシアンフィルタ処理を併用することで、地すべり箇所の他に地すべりの初期変動が起こっていると思われる箇所がいくつか検出された。

以上の結果、災害時に起こる比較的大きな変動と異なり、災害直前の微細な地盤変動を抽出するためには、干渉SAR時系列解析に様々な工夫が必要であることが分かった。また、干渉SAR解析を用いたモニタリングを実運用するためには、対象地域の地質や地形の特徴を十分考慮し、平時から対象地域に関するベースとなる情報を蓄積整備しておくことが重要であると思われる。有事の際には最新の観測データを直ちに入手し、アーカイブデータと追加解析を行うことにより、最新の変動状況が入手可能となる。

キーワード：干渉SAR時系列解析、防災、地盤変動解析
Keywords: Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis, disaster prevention, ground deformation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動
The annual and secular movements of vertical component in GEONET sites caused by groundwater usages

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1]
*Seiichi Shimada[1], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

GEONETの多くの観測点において，地下水の利用に起因する上下成分の年周・長期変動などが観測されている．地下水汲み上げに伴う地盤の上下変動観測は，地下水位や気象要素の観測と並んで，地下水循環モデル確立のために不可欠な観測要素である．国土地理院は上下変動のモニター手段を，従来の水準測量からGNSSなど宇宙測地手法へと転換しようとしており，近い将来GNSS観測による上下変動観測手法は，地下水循環モデルを通じて，地下水利用とその管理に不可欠な観測ツールとなっていく可能性が高い．地下水利用において大きな障害の一つである地盤沈下を観測するために，近い将来大量の地下水を汲み上げる水井戸近傍には，GNSS観測のためのアンテナ基台設置が不可欠になっていくであろう．

本講演では，GEONET観測点のうち，関東地方及び新潟県にある152点を解析して明らかにされた，地下水利用に伴う年周変動及び長期のsecular変動の例を紹介する．解析ではまず東アジア及び周辺域の23点のIGSを座標基準点としてGEONET観測点の日値座標値を求めた．座標基準系としてITRF2014，マッピング関数としてVMF1マッピング関数を用い，カットオフ仰角は10°とした．また，毎時の天頂遅延量と４時間毎の大気勾配を，観測点座標値・ambiguityとともに推定した．次に30日windowのKalmanフィルタを適用して短周期の変動を取り除き，年周・半年周変動やsecular変動などの上下変動を，長期間の観測データから明らかにした．

関東地方の観測点においては，埼玉県を中心とした関東平野中部～北部における地下水の農業利用による上下変動が検出されている．例えば，国土地理院構内にあるつくば１観測点（92110点）では，近傍のVLBI観測や地下水位観測と調和的な，夏季に沈降する年周変動が観測されており，周辺の水田における地下水の農業利用のための地盤変動と考えられている（飛田ほか，2004; Munekane et al., 2010; Shimada et al., 2017）．

九十九里地域では水溶性天然ガス採取のための大きな沈降変動が観測されている．この地域の大網白里観測点（93027点）と長生観測点（93033点）では，冬季に沈下する年周変動のほか，水準変動やInSAR観測と調和的な長期にわたる地盤沈下が観測されている（原田，2018; 島田ほか，2018）．

新潟平野を含む新潟県内では，消雪用の地下水利用が盛んに行われており，このための上下変動が観測されている．例えば三条市内の新潟栄観測点（970810点）では，冬季に沈降する年周変動のほか，特に積雪量が多く地盤沈降量が大きかった年に，非弾性的な永年沈下の進行が見られている（島田，2018）．

キーワード：GNSS測定、GEONET、地下水利用、年周変動、長期変動
Keywords: GNSS measurements, GEONET, Groundwater usage, Annual movements, Secular movements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールB 2F

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)、座長:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Saffer Demian(Department of Geosciences, Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

The Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) is a multidisciplinary investigation of fault mechanics and seismogenesis along the megathrust at the Nankai Trough subduction zone, and includes reflection and refraction seismic imaging, direct sampling by drilling, in situ measurements, and long-term monitoring in conjunction with laboratory and numerical modeling studies. During the past 12 IODP expeditions off Kii Peninsula since 2007, 15 sites have been drilled by D/V "Chikyu" down to depths from 100s of meters to more than 3000 meters below seafloor, where the inner and outer wedge of the Nankai margin has been logged and sampled extensively, and three state-of-the-art real-time downhole observatories are now in operation. The final NanTroSEIZE expedition aiming to log and sample the seismogenic megathrust at ~5200 meters below seafloor is now ongoing from October, 2018 to March, 2019.
In this session, we expect presentations not only on scientific outcomes from the past NanTroSEIZE expeditions, but also on the exciting preliminary results of the final NanTroSEIZE expedition. We welcome presentations on, but are not limited to, seismic imaging, borehole logging and monitoring, chemical analyses of pore water and mud gas, lithology, structures, physical properties and laboratory experiments of cuttings and core samples, and theoretical and numerical modeling.

13:45 ~ 14:00

[SSS06-01] Geoscientific information about plate boundary along the Nankai Trough provided by the GNSS-A

★Invited Papers

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2] (1.東京大学生産技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

14:00 ~ 14:15

[SSS06-02] Deep Drilling at the Nankai Trough: IODP NanTroSEIZE Expedition 358 Summary and First Results

★Invited Papers

*Harold Tobin[1]、Takehiro Hirose[7]、Matt Ikari[5]、Kyuichi Kanagawa[10]、Gaku Kimura[3]、Masataka Kinoshita[8]、Hiroko Kitajima[6]、Demian M Saffer[4]、Asuka Yamaguchi[9]、Lena Maeda[2]、Nobu Eguchi[2]、Sean Toczko[2] (1.Department of Earth and Space Sciences, University of Washington、2.JAMSTEC-CDEX、3.Tokyo Un. of Marine Science-Technology、4.Penn State University、5.MARUM Un. of Bremen、6.Texas A&M University、7.JAMSTEC-KCC、8.Un. of Tokyo Earthquake Research Institute、9.Un. of Tokyo AORI、10.Chiba University)

14:15 ~ 14:30

[SSS06-03] Coexistence of soft and hard sediments at deep Nankai accretionary prism, NanTro SEIZE Project, IODP Exp.358

*坂口 有人[1,2]、Michael Strasser[3]、浜橋 真理[4,5]、廣瀬 丈洋[2]、北島 弘子[6]、Expedition 358 Scientists IODP (1.山口大学、2.海洋研究開発機構、3.University of Innsbruck、4.東京大学、5.Nanyang Technological University、6.Texas A&M University)

14:30 ~ 14:45

[SSS06-04] Active and passive seismic experiment during the IODP Exp. 358 deep riser drilling in the Nankai Trough, Japan

*木村 俊則[1]、利根川 貴志[1]、白石 和也[1]、荒木 英一郎[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、櫻井 紀旭[1]、真田 佳典[1]、木戸 ゆかり[1]、木下 正高[2]、高橋 成実[3,1]、町田 祐弥[1]、西田 周平[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.国立研究開発法人防災科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[SSS06-05] Microfabric analysis of damaged zone of principal shear zone in the frontal megathrust in the Nankai Trough

*木村 学[1]、山口 飛鳥[2]、濱田 洋平[3]、矢部 優[4] (1.東京海洋大学 海洋資源環境学部、2.東京大学 大気海洋研究所、3.海洋研究開発機構 高知コア研究所、4.海洋研究開発機構)

15:00 ~ 15:15

[SSS06-06] Seismic Imaging of Mud Diapirs in Northern Kumano Basin, Nankai Trough

*Gregory F Moore[1]、Miho Asada[2]、Shuichi Kodaira[2]、Achim Kopf[3] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC、3.MARUM)

Geoscientific information about plate boundary along the Nankai Trough provided by the GNSS-A

*横田 裕輔[1]、石川 直史[2]
*Yusuke Yokota[1], Tadashi Ishikawa[2]

1. 東京大学生産技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 2. Hydrographic and Oceanographic department, Japan Coast Guard

In the last decade, many geophysical implications were provided by the GNSS-A seafloor geodetic network. Along the Japan Trench, coseismic and postseismic deformations following the 2011 Tohoku-oki earthquake were detected [Sato et al., 2011, Science; Watanabe et al., 2014, GRL; Tomita et al., 2017, Sci. Adv.]. Coseismic monitoring result was applied for many seismological research [e.g., Ozawa et al., 2012, JGR] and geological research and monitoring plan. Postseismic viscoelastic behavior and afterslip event [Sun et al., 2016, Nature; Iinuma et al., 2016, Nature Comm.] could not be identified without our monitoring results.

After 2015, more important geoscientific suggestions were obtained from monitoring in the Nankai Trough. Yokota et al. [2016, Nature] showed undersea interseismic coupling condition. This observation result has been broadly applied to various geophysical studies while being modified [e.g., Nishimura et al., 2018, Gesphere; Noda et al., 2018, JGR] and constrains earthquake prediction research including numerical simulation and submarine drilling research.

In addition, recently, we improved the GNSS-A technology and upgraded observation frequency and precision [Yokota et al., 2017, Rep. Hydro. Ocean. Res; Yokota et al., 2018, MGR]. With the present observation ability, yearly time change of the amount of undersea crustal deformation was newly unclosed. This new version data suggests that there were longer-term sequences of slow slip events (SSEs) around strong coupling regions [Yokota and Ishikawa, this JpGU meeting].

These results provide several suggestions about property and condition on the plate boundary. The simple and biggest question is what is the reason for separating strong coupling and SSE conditions. Since the difference between the generation patterns of SSE and other slow earthquakes is also considered to be due to physical properties, some dominant factor can be assumed. Differences and similarities between deep and shallow SSEs are also important. What physical properties control the behaviors of deep and shallow SSEs?

For answering these questions, additional experiments and observations from many different viewpoints will be necessary. At the same time, continuous GNSS-A monitoring and upgrading its density and accuracy are required for understanding shallow coupling conditions and SSEs.

キーワード：GNSS-A、南海トラフ、SSE、プレート境界、固着状態
Keywords: GNSS-A, Nankai Trough, SSE, plate boundary, coupling condition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Deep Drilling at the Nankai Trough: IODP NanTroSEIZE Expedition 358 Summary and First Results

*Harold Tobin[1], Takehiro Hirose[7], Matt Ikari[5], Kyuichi Kanagawa[10], Gaku Kimura[3], Masataka Kinoshita[8], Hiroko Kitajima[6], Demian M Saffer[4], Asuka Yamaguchi[9], Lena Maeda[2], Nobu Eguchi[2], Sean Toczko[2]

1. Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, 2. JAMSTEC-CDEX, 3. Tokyo Un. of Marine Science-Technology, 4. Penn State University, 5. MARUM Un. of Bremen, 6. Texas A&M University, 7. JAMSTEC-KCC, 8. Un. of Tokyo Earthquake Research Institute, 9. Un. of Tokyo AORI, 10. Chiba University

IODP Expedition 358 was carried out beginning October 10, 2018 and scheduled to continue until March 31, 2019. The primary objective was to sample and make geophysical measurements in and around the megasplay fault/plate boundary fault at Site C0002, by extending the riser borehole (Hole C0002P) established during previous Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE expeditions. After Expedition 348 in 2014, Hole C0002P was left suspended, with steel casing in pace holding the borehole open to 2922 meters below the sea floor (mbsf). The primary seismic reflector target interpreted as the main plate boundary fault zone was estimated to lie at a little more than 5000 mbsf, necessitating a plan to re-enter that hole and then add about 2000 meters of new depth drilling to reach and cross it.

Drilling commenced with a sidetracking operation to establish Hole C0002Q, which was advanced to 3263 mbsf, but operational difficulties precluded going any deeper. Two more attempts were made to advance the riser hole over many weeks, but ultimately did not result in further progress toward the objective. At the time of this writing, coring operations are ongoing at the site at a depth of about 2900 mbsf, in deformed and steeply-dipping mid-Miocene age inner accretionary wedge rocks. There are plans to end riser operations at Site C0002 at the end of February 2019 despite not reaching the primary target, and instead commence drilling at a new site to target the frontal thrust portion of the plate boundary near previous IODP Site C0006. First results from the expedition will be reviewed in this presentation, and a preliminary assessment of the scientific outcomes will be made.

Keywords: Nankai Trough, IODP , megathrust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Coexistence of soft and hard sediments at deep Nankai accretionary prism, NanTro SEIZE Project, IODP Exp.358

*坂口 有人[1,2]、Michael Strasser[3]、浜橋 真理[4,5]、廣瀬 丈洋[2]、北島 弘子[6]、Expedition 358 Scientists IODP
*Arito Sakaguchi[1,2], Michael Strasser[3], Mari Hamahashi[4,5], Takehiro Hirose[2], Hiroko Kitajima[6], Expedition 358 Scientists IODP

1. 山口大学、2. 海洋研究開発機構、3. University of Innsbruck、4. 東京大学、5. Nanyang Technological University、6. Texas A&M University
1. Yamaguchi Univ., 2. JAMSTEC, 3. University of Innsbruck, 4. University of Tokyo, 5. Nanyang Technological University, 6. Texas A&M University

It was believed that sediment strengthened irreversibly with depth, and same lithology has same strength in same depth. It was found that quite soft portions were developed within hard sedimentary rock at deep Nankai accretionary prism, southwest Japan, during the NanTro Seize Project, IODP Expedition 348 and 358.

The site C0002 is located at the Tonankai Earthquake (1944 M=8.0) area and penetrates 3262 m below sea floor (mbsf) through the Kumano basin and Nankai accretionary prism. The porosity decreases, and hardness increases with depth gradually. Deeper than approximately 2000 mbsf, the Silty claystone of dark gray lithified hard rock with low porosity less than 20% is occurred for main lithology. Interleaved between this hard rock, the Fine silty claystone with high porosity upper than 30% was observed deeper than 2360 mbsf (Tobin et al., 2015). This soft sediment is similar with the Silty claystone in grain size and mineral assemblages, but strength is totally difference. Such soft stuffs are commonly generated during drilling. In this site, various types of drill tools of bit and reamers were operated due to unstable hole condition. However, no relationship was found between drilling tool and occurrence of the Fine silty claystone. Optical microscope and micro X-CT observations revealed that some sedimentary laminations and burrows of benthos were preserved within the Fine silty claystone. These show that the fine silty claystone is natural sediment, but not drilling induced artifact.

The reason for coexistence of soft and hard sediments in same depth can be explained by conceptual idea as below. In initial state of diagenesis, some crystals will grow larger having smaller surface energy than the other. This surface energy difference in same solution causes that smaller crystal dissolution and larger crystal grow further. Resulting of this process, well crystalline and less crystalline parts probably have marked contrast in strength. This implies that present of heterogeneous strength distribution around the initiation depth of diagenesis.

キーワード：南海トラフ、IODP Exp.358、ちきゅう、続成作用
Keywords: Nankai trough, IODP Exp.358, CHIKYU, Diagenesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Active and passive seismic experiment during the IODP Exp. 358 deep riser drilling in the Nankai Trough, Japan

*木村 俊則[1]、利根川 貴志[1]、白石 和也[1]、荒木 英一郎[1]、中村 恭之[1]、海宝 由佳[1]、藤江 剛[1]、三浦 誠一[1]、小平 秀一[1]、櫻井 紀旭[1]、真田 佳典[1]、木戸 ゆかり[1]、木下 正高[2]、高橋 成実[3,1]、町田 祐弥[1]、西田 周平[1]
*Toshinori Kimura[1], Takashi Tonegawa[1], Kazuya Shiraishi[1], Eiichiro Araki[1], Yasuyuki Nakamura[1], Yuka Kaiho[1], Gou Fujie[1], Seiichi Miura[1], Shuichi Kodaira[1], Noriaki Sakurai[1], Yoshinori Sanada[1], Yukari Kido[1], Masataka Kinoshita[2], Narumi Takahashi[3,1], Yuya Machida[1], Shuhei Nishida[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所、3. 国立研究開発法人防災科学技術研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Stress and strain should be crucial parameter to understand preparation/generation cycle of mega-thrust earthquakes which repeatedly occur along subduction zone. Recent studies suggest that seismic approach (c.f. seismic anisotropy analysis and seismic velocity monitoring) could be alternative tool to monitor stress/strain field in the seismogenic zone. The IODP Exp. 358, which includes deep riser drilling by D/V Chikyu around the IODP C0002 hole in the Nankai Trough region, is a great opportunity to observe the seismic dataset, which would be used to discuss the relationship between seismic parameters and stress field before, after and while the deep borehole drilling.

We performed a series of seismic experiments including passive and active surveys. The experiments include: 1) Seismic velocity monitoring near the C0002 hole by seismic interferometry using drilling/vessel noise. 2) Seismic anisotropy survey around the C0002 hole by air-gun circular shooting. 3) Microearthquakes and tremors monitoring to identify stress condition around the borehole. In this region, real-time borehole seismic observatory and seafloor seismic observatory, named LTBMS (Long-Term Borehole Monitoring System) and DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthqukae and Tsunamis), have been already installed and operated. These observatories can be used as seismic receivers for this experiment. 10 OBSs (Ocean Bottom Seismicmeter) were additionally deployed near the C0002 hole for dense seismic observation within 10 km from the C0002 hole. 6 OBSs were deployed by R/V Yokosuka during the YK18-14 cruise. Another 4 OBSs were deployed by Chikyu’ s ROV (Remotely Operated Vehicle) with distances of 90 m to 300 m from the C0002 hole. These OBSs will be recovered from May to Oct. 2019. As active seismic survey, R/V Kaimei fired circular shooting line around the C0002 hole during the KM18-10 cruise. The air-gun signals were clearly observed by LTBMS seismometer and seafloor DONET seismometers. The observed data show clear seismic events which should be caused by seismic anisotropy. Since 2013 to 2016, we have performed the same survey around the C0002 hole by R/V Kairei in every year. Therefore, time-lapse discussion on seismic anisotropy should be possible by using the newly and existing dataset.

Phase analysis and beam-forming processing would be possible by using the OBS array dataset to discuss distributions of microearthquake and tremors. OBS array data can be also used for seismic interferometry analysis to discuss velocity structure monitoring during the drilling. In this presentation, we will show initial data observed by OBS if the data were available after the recovery. Also, we will show initial results of active seismic survey observed by LTBMS and DONET seismometers including time-lapse discussion on seismic anisotropy.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：南海トラフ、地震波探査、深部掘削、モニタリング
Keywords: Nankai Trough, Seismic experiment, Deep drilling, Monitoring

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microfabric analysis of damaged zone of principal shear zone in the frontal megathrust in the Nankai Trough

*木村 学[1]、山口 飛鳥[2]、濱田 洋平[3]、矢部 優[4]
*Gaku Kimura[1], Asuka Yamaguchi[2], Yohei Hamada[3], Suguru Yabe[4]

1. 東京海洋大学 海洋資源環境学部、2. 東京大学 大気海洋研究所、3. 海洋研究開発機構 高知コア研究所、4. 海洋研究開発機構
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Atomosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The outer wedge of the Nankai forearc is located to the south of the splay fault, which is the traditional southern margin of the seismogenic rupture zone. The evidence for seismo-tsunamigenic slip was, however, recognized on the basis of a thermal anomaly along ~2 mm thick fault gouge indicative of frictional heating at the frontal thrust. This fact suggested a rupture propagation to the Nankai Trough in the past. Recently, slow slips along the megathrust beneath the outer wedge were observed and an intimate relationship between the coseismo-tsunamigenic large and fast slip and interseismic slow slips is a matter of great concern.

The underlying micro-mechanical processes responsible for the fast or slow slips are, however, poorly known.

We revisited the recovered core sample of the frontal thrust and added further micro-textural observations for damaged zone to already reported principal shear zone. The detailed mineralogical, chemical and micro fabric analysis for a principal shear zone presents the nearly complete transformation from smectite to illite, which is consistent with frictional heating. The observed micro-texture of the gouge and its surroundings of damaged zone is characteristic of experimentally-produced brittle textures for slow slip. This suggests an overprint of slow slip on the previous seismo-tsunamigenic fast slip. This micro-tectonic based interpretation is consistent with the recent observation of inter-sesimic slow slip beneath the outer wedge and around the frontal megathrust. We suggest that the illite-smectite lithology of gouge and surrounding is conditionally stable, allowing it to transition from co-seismic rapid slip to inter-seismic slow slip at different times.

キーワード：Nankai trough、frontal thrust、principal shear zone、slow slip、fault fabric、tsunamigenic fault
Keywords: Nankai trough, frontal thrust, principal shear zone, slow slip, fault fabric, tsunamigenic fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic Imaging of Mud Diapirs in Northern Kumano Basin, Nankai Trough

*Gregory F Moore[1], Miho Asada[2], Shuichi Kodaira[2], Achim Kopf[3]

1. University of Hawaii at Manoa, 2. JAMSTEC, 3. MARUM

Mud volcanoes (MV), the surface expression of deeper-seated diapirs are now well known in Kumano Basin. Fifteen years ago, Morita et al. (2004) published a seismic line across the basin showing mud diapirs sourcing the MVs, but the extent of these diapirs has remained underappreciated. We present JAMSTEC 2D seismic lines across and along the basin axis showing that significant deformation of the shallow sedimentary section in the northern part of the basin is caused by mud diapirs. The diapirs feed at least 11 MVs in the northern part of the basin, all of which have been surveyed with multibeam bathymetry, high-resolution sonar and sampling. The diapirs range in diameter from 4-6 km and have seismic expression to at least 2-3 km below the seafloor. Older sedimentary layers are tilted upward adjacent to the diapirs and have internal onlap features that indicate several stages of uplift. Bottom simulating reflections (BSRs) that cross-cut the sediment and diapirs are locally disrupted under the MVs, indicating upward migration of fluids through the methane hydrate layers to the surface. Morita et al. (2004) report that mudstone fragments carried to the surface by the MVs range in age from 18.2-13.6 Ma (late Early Miocene –early Middle Miocene), indicating that the mud diapirs, which probably originate within the underlying accretionary prism, passed through the older layers of the forearc basin.

Reference: Morita, S., Ashi, J., Aoike, K., and Kuramoto, S. (2004), Evolution of Kumano basin and sources of clastic ejecta and pore fluid in Kumano mud volcanoes, Eastern Nanaki Trough, In: Proceedings of the International Symposium on Methane Hydrates and Fluid Flow in Upper Accretionary Prisms, Engineering Geology Laboratory, Department of Civil & Earth Resources Engineering, Kyoto University, Kyoto, pp. 92–99.

Keywords: Nankai Trough, Mud diapir, Accretionary prism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

The Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) is a multidisciplinary investigation of fault mechanics and seismogenesis along the megathrust at the Nankai Trough subduction zone, and includes reflection and refraction seismic imaging, direct sampling by drilling, in situ measurements, and long-term monitoring in conjunction with laboratory and numerical modeling studies. During the past 12 IODP expeditions off Kii Peninsula since 2007, 15 sites have been drilled by D/V "Chikyu" down to depths from 100s of meters to more than 3000 meters below seafloor, where the inner and outer wedge of the Nankai margin has been logged and sampled extensively, and three state-of-the-art real-time downhole observatories are now in operation. The final NanTroSEIZE expedition aiming to log and sample the seismogenic megathrust at ~5200 meters below seafloor is now ongoing from October, 2018 to March, 2019.
In this session, we expect presentations not only on scientific outcomes from the past NanTroSEIZE expeditions, but also on the exciting preliminary results of the final NanTroSEIZE expedition. We welcome presentations on, but are not limited to, seismic imaging, borehole logging and monitoring, chemical analyses of pore water and mud gas, lithology, structures, physical properties and laboratory experiments of cuttings and core samples, and theoretical and numerical modeling.

[SSS06-P01] Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.東京海洋大学)

[SSS06-P02] Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1]、Gregory F Moore[1]、Mikiya Yamashita[2]、Shuichi Kodaira[2] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC)

[SSS06-P03] 雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化

*池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

[SSS06-P04] 掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定

★招待講演

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SSS06-P05] Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.University of Aberdeen、4.University of Toronto、5.Yonsei University、6.高知大学)

[SSS06-P06] Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3.Institute of Geophysics, ETH Zürich)

Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3]
*Kazuya Shiraishi[1], Yasuhiro Yamada[1], Masataka Kinoshita[2], Gaku Kimura[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所、3. 東京海洋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology

南海トラフ地震発生帯の地質構造を明らかにするため、既存の反射法地震探査データの再処理および地震波アトリビュート解析を行い、付加体内部の変形構造について検討した。まず、2006年に取得された三次元反射法地震探査データを対象に、フェーズ1（2015～2016年度）では、IODP C0002掘削孔を含む25km×12kmの範囲を、フェーズ2（2017～2018年度）では、C0006掘削孔等を含む20km×12kmの範囲について再処理を行った。また、2003年に実施された二次元探査（ODKM03）は、三次元探査のストリーマケーブル長（4.5km）に比べて長いストリーマケーブル（6km）であるという利点を有しており、C0002掘削孔を北西-南東方向に横切る測線について再処理を行った。データ再処理では、信号の広帯域化およびノイズ・多重反射波抑制などの高度な前処理を適用することで、反射波シグナルの品質改善を行い、その後、重合前深度マイグレーションを新たに実施し、既存のものに比べて高品質な深度領域の地殻構造イメージを得た。三次元データから得られた反射波イメージボリュームについて、反射面の連続性（コヒーレンス）や構造傾斜など、地質構造に関する地震波アトリビュートを算出し、地質構造の解釈に利用した。

その結果、インナーウェッジでは、これまで理解が不十分であった付加体内部の変形構造、それらの巨大分岐断層（プレート境界断層）との関係が明らかになってきた。熊野海盆直下には、反射波断面上では複数の褶曲構造を認定でき、その褶曲構造より下部には、傾斜した反射面やフラグメント化した反射波が多数観察された。コヒーレンスキューブの等深度スライスでは、褶曲構造に典型的なパターンが確認された。これらの反射波の特徴は、スラスト断層の発達による背斜構造と派生小断層群が存在するものと考えられる。二次元データの再処理断面では、付加体内部の深度4～6km付近にステップ状に変位を伴う反射面が連続的に確認された。これらはバックスラストを伴う複数のスラスト断層と解釈でき、三次元の構造的特徴と調和的である。推定されるスラスト断層のデタッチメントは、プレート境界断層の波状の起伏に対応して収斂する様相を呈している。アウターウェッジでは、微細な変形や破壊が以前よりも鮮明にイメージングされた。スラスト群で変位した地層の対応関係を追跡することができる。地震波アトリビュートの等深度スライスでは、インシークエンススラストが形成された後にできたと見られる、水平圧縮による共役な断層が確認される。また、スラストが発達する浅部の互層ユニットの下にある、アンダースラスト堆積物の内部には複数の反射面が以前より明瞭に確認されるようになり、これらのいくつかはスラスト断層群のデタッチメントとして認定できる。今後、上載堆積層内の変形構造やデコルマ面の分布について、海洋地殻上面の凹凸との関連として改めて調べることが重要である。

謝辞：本研究は、JSPS科研費基盤S（JP15H05717）によりサポートされています。

キーワード：南海トラフ地震発生帯、地殻構造、反射法地震探査、地震波アトリビュート
Keywords: Nankai Trough seismogenic zone, crustal structure, reflection seismic, seismic attribute

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1], Gregory F Moore[1], Mikiya Yamashita[2], Shuichi Kodaira[2]

1. University of Hawaii at Manoa, 2. JAMSTEC

Protothrust zones (PTZs) are assumed to control the development of new frontal thrusts at subduction zones. PTZs are areas of incipient thrust faulting between the deformation front and the frontal thrust. However, limited resolution of previous seismic studies has hindered the study of their role in subduction accretion. New high-resolution seismic reflection surveys enabled detailed analysis of the PTZ along the Nankai Trough, SE Japan. Seventeen multichannel seismic reflection lines were collected perpendicular to the trench axis between Cape Ashizuri and Cape Muroto using a 1200m long, 192 channel hydrophone cable and a 380 in^3 (5.24L) cluster airgun array. These lines were processed using pre-stack depth migration. PTZs only existed where a turbidite sequence was present beneath the trench wedge. The PTZs consisted of closely spaced, sub-parallel protothrusts that decreased in spacing and increased in length landward. Where the turbidites were truncated by basement topography, there was a transitional PTZ heterogeneous protothrusts and small displacement thrust faults. We hypothesize that elevated pore pressures due to the low permeability hemipelagic sediment inhibit the formation of PTZs and favor small displacement thrusts in a narrow trench wedge. Conversely, turbidite layers within the hemipelagic sediment allow drainage and reduce the pore pressure. This increases the effective stress and shear strength on faults, resulting in strain localizing protothrusts. This implies that the changes in pore pressure imposed by differences in the sediment permeability control the style of deformation in the trench wedge and consequently, the geometry of the accretionary wedge.

Keywords: Nankai Trough, Protothrust Zone, Subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化
Temporal change in seismic velocity in the Nankai subduction zone from cross-correlation analysis of ambient noise

*池田 達紀[1]、辻 健[1]
*Tatsunori Ikeda[1], Takeshi Tsuji[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

本研究では、南海トラフにおける応力やひずみの時間変化を調べるために、2014年10月1日～2017年11月30日の期間に、紀伊半島沖の海底観測網(DONET)で取得された雑微動データの解析を行った。この解析期間には、DONET直下で2016年4月1日に発生した三重県南東沖地震(M_W5.9)と、その余震が含まれている。雑微動データに対し、南海トラフ周辺で音響レーリー波が卓越していると考えられる0.7～2.0Hzの周波数帯のバンドパスフィルターを適用しながら、観測点間の相互相関関数を求めた。さらに相互相関関数にストレッチング法を適用することで、南海トラフ周辺の地震波速度の時空間変化を推定した。

その結果、三重県南東沖地震の際に、地震波速度の明瞭な低下が認められた。各観測点で推定された地震波速度の低下率は最大速度 (PGV)と相関があり、このことから強震動による動的な応力変化が、地震時の速度変化の主な要因であることが示唆される。地震波速度変化のPGVに対する感度は一様ではなく、各観測点周辺の地質構造や有効応力状態の違いを反映している可能性がある。また、三重県南東沖地震前に地震波速度が長期的に増加する傾向が得られ、これはプレートの沈み込みに伴う、南海トラフ周辺におけるひずみの蓄積を反映している可能性がある。この長期的な地震波速度増加のトレンドを取り除くと、地震時に低下した速度は観測期間内では完全に回復していないことがわかった。これは三重県南東沖地震による非線形性の影響を示している可能性がある。これらの結果は、雑微動の相互相関を利用した地震波速度モニタリングで、海域に発達するプレート境界域の応力変化をモニタリングできる可能性を示している。

キーワード：南海トラフ、2016年三重県南東沖地震、モニタリング、雑微動、地震波干渉法
Keywords: Nankai Trough, 2016 Off-Mie earthquake, monitoring, ambient noise, seismic interferometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定
Strength profile of the Nankai accretionary prism evaluated from drilling parameters

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1]
*Yohei Hamada[1], Manami Kitamura[2], Takehiro Hirose[1], Yasuhiro Yamada[1], Yoshinori Sanada[1], Takamitsu Sugihara[1], Saneatsu Saito[1], KYAW MOE[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science andTechnology

In-situ rock strength with depth under the ground/seafloor is a critical parameter for various studies in geology and seismology. The measurements on rock/core samples, however, hardly have been done with success due to lack of drilled cores and sufficient knowledge about the in situ conditions. We proposed a new indicator of the strength, equivalent strength (EST) developing previous mechanical parameter (Mechanical specific energy: Teal, 1964) from the oil industry, which is converted only from drilling performance parameters such as drillstring rotational torque, bit depth and drillstring rotational per minute. The data processing was applied to the data taken from International Ocean Discovery Program (IODP) expeditions in the Nankai Trough (sites C0002 and C0023). The depth profiles of the EST at Site C0002 are drawn from 0 to 3000 meter-below-seafloor (mbsf), across the forearc basin and the accretionary prism, and the values of the calculated EST are consistent with compressive strength measured on core samples under estimated in situ stress conditions in laboratory. The high (~20 MPa) EST in the forearc basin sediments corresponds to the high $CaCO_3$ content indicating the carbonate is cementing the shallow formation. The EST did not show a significant increase at the forearc basin–accretionary prism boundary, however clearly increased within the prism, ca. below 1500 mbsf. This result may indicate that even the shallow accretionary prism has been strengthened by horizontal compression derived from plate subduction. At the site C0023, where the toe of the accretionary prism area off Cape Muroto, the EST trend increases with depth and suddenly changes between 600–650 mbsf, 840–870 mbsf, and 1120 ~ mbsf, corresponding to tuff0rich zone, top of the subducting sediments and the basement igneous rocks, respectively. This EST trend shows good agreement with P-wave velocity curve measured on core samples. The EST decreases from ~20 MPa to 5 MPa below the frontal decollement with sharp negative peak. This low-EST zone probably indicate the existence of excess fluid pressure.

キーワード：南海トラフ、掘削等価強度、南海トラフ地震発生帯掘削、室戸沖限界生命圏掘削調査
Keywords: The Nankai Trough, Equivalent strength, Nankai Trough SeismogenicZone Experiment, T-Limit of the Deep Biosphere off Muroto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2]
*Nana Kamiya[1,2], Takehiro Hirose[2], Yuzuru Yamamoto[2], Yohei Hamada[2], Stephen A Bowden[3], Man-Yin Tsang[4], Kiho Yang[5], Satoshi Tonai[6], Weiren Lin[1,2]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. University of Aberdeen、4. University of Toronto、5. Yonsei University、6. 高知大学
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. JAMSTEC, 3. University of Aberdeen, 4. University of Toronto, 5. Yonsei University, 6. Kochi University

Heat flow is characteristically high at the toe of the Nankai accretionary prism, off cape Muroto, and this is considered to be a consequence of the subduction of a hot and active ridge (e.g. Yamano et al., 2003). Despite present-day heat flow being known, how heat has changed over time in this area remains uncertain and is poorly constrained. To address this question, we have investigated palaeotemperatures using thermal maturity parameters measured on cores collected during IODP Expedition 370. Paleotemperature data were evaluated within the context of present-day heat flow and expected changes in temperature with respect to depth; e.g., numerical constraint whether present-day temperatures are too hot or cold to explain thermal maturity measurements, and whether there are anomalies with respect to depth. This is particularly important for Expedition 370 (T-limits) which selected the Muroto-site (Site C0023) because of its high heat flow and the chance this offers to investigate the habitability of the deep biosphere with respect to the temperature. Site C0023 is located 120 km from Cape Muroto, and is in the protothrust-zone of the Nankai accretionary prism. The hole encountered the décollement at 758-795 mbsf, and present-day temperatures were measured down to ~350 mbsf. Vitrinite reflectance was used to estimate maximum paleotemperatures and to look for thermal anomalies. The vitrinite reflectance increases with depth from 0.2 to 0.6 % from 200 to 700 mbsf, typical of conventional burial metamorphism, but changes little from 700 to 1000 mbsf (values stay about 0.6 %). There is a notable high value at 1090 mbsf (about 1%). There are anomalously high values of both vitrinite reflectance and sterane and hopane biomarker data at about 800 mbsf. For heating durations of 400, 4000, 40000 and 400000 years, and assuming thermal maturation using the EasyVit model of Burnham and Sweeny (1990), temperatures of 40~140 ℃ can explain data between 200 to 750 mbsf. To match measurements of vitrinite reflectance at 750 mbsf, a maximum paleotemperature of 140 ℃ is required. At 1090 mbsf, temperatures as high as ~200 ℃ could be needed. The difference between the paleo- and present-day temperatures is the notably the greatest at the décollement, strongly suggesting an elevated heat flow at some time. A heating duration of 400 years, an elevated a heat flow of 130 ±90 mW/m^2 and a temperature > 150 ℃ can explain the observations on the vitrinite reflectance. Considering the scales of space and time of thermal advection, a high-temperature fluid along the décollement zone is our currently preferred explanation.

キーワード：室戸、デコルマ、古地温異常
Keywords: Muroto, Décollement, Paleotemperature anomalies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3]
Utsav Mannu[2], *Masataka Kinoshita[1], Taras Gerya[3]

1. 東京大学地震研究所、2. Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3. Institute of Geophysics, ETH Zürich
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Earth and Climate Science, IISER Pune, 3. Institute of Geophysics, ETH Zürich

In accretionary margins, the estimation of peak heating through the thermal maturity of organic material reveals differentiated deformational pathways in the adjoining sections of the wedge. As the thermal maturity of the deformed structures is a function of both the geothermal gradient and the duration of time it has been exposed to different gradients, the distribution of vitrinite reflectance (the measure of thermal maturity) in the wedge does not necessarily reveal the temporal deformational pathway of the individual pockets. As a result, the different portions of the accretionary wedge exhibit different correlations between the thermal maturity and a unique deformational pathway. These different correlations can be explored through the means of geodynamic modelling which can then be used in the field to ascertain a more holistic picture of deformation in an accretionary wedge. Therefore, in this study, we use a 2D plate subduction thermomechanical model, to simulate formation of accretionary wedge and the track the evolution of the vitrinite reflectance in the accretionary wedge.

キーワード：thermal maturity、accretionary wedge、numerical simulation
Keywords: thermal maturity, accretionary wedge, numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[S-SS06] Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment: Logging and sampling the seismogenic megathrust

コンビーナ:金川 久一(千葉大学大学院理学研究科)、Demian M Saffer(Pennsylvania State University)、木下 正高(東京大学地震研究所)

The Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) is a multidisciplinary investigation of fault mechanics and seismogenesis along the megathrust at the Nankai Trough subduction zone, and includes reflection and refraction seismic imaging, direct sampling by drilling, in situ measurements, and long-term monitoring in conjunction with laboratory and numerical modeling studies. During the past 12 IODP expeditions off Kii Peninsula since 2007, 15 sites have been drilled by D/V "Chikyu" down to depths from 100s of meters to more than 3000 meters below seafloor, where the inner and outer wedge of the Nankai margin has been logged and sampled extensively, and three state-of-the-art real-time downhole observatories are now in operation. The final NanTroSEIZE expedition aiming to log and sample the seismogenic megathrust at ~5200 meters below seafloor is now ongoing from October, 2018 to March, 2019.
In this session, we expect presentations not only on scientific outcomes from the past NanTroSEIZE expeditions, but also on the exciting preliminary results of the final NanTroSEIZE expedition. We welcome presentations on, but are not limited to, seismic imaging, borehole logging and monitoring, chemical analyses of pore water and mud gas, lithology, structures, physical properties and laboratory experiments of cuttings and core samples, and theoretical and numerical modeling.

[SSS06-P01] Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3] (1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所、3.東京海洋大学)

[SSS06-P02] Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1]、Gregory F Moore[1]、Mikiya Yamashita[2]、Shuichi Kodaira[2] (1.University of Hawaii at Manoa、2.JAMSTEC)

[SSS06-P03] 雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化

*池田 達紀[1]、辻 健[1] (1.九州大学)

[SSS06-P04] 掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定

★招待講演

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

[SSS06-P05] Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2] (1.京都大学大学院工学研究科、2.海洋研究開発機構、3.University of Aberdeen、4.University of Toronto、5.Yonsei University、6.高知大学)

[SSS06-P06] Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3] (1.東京大学地震研究所、2.Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3.Institute of Geophysics, ETH Zürich)

Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

Crustal structure in the Nankai Trough seismogenic zone based on renewed depth images and seismic attribute analysis

*白石 和也[1]、山田 泰広[1]、木下 正高[2]、木村 学[3]
*Kazuya Shiraishi[1], Yasuhiro Yamada[1], Masataka Kinoshita[2], Gaku Kimura[3]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学地震研究所、3. 東京海洋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 3. Tokyo University of Marine Science and Technology

南海トラフ地震発生帯の地質構造を明らかにするため、既存の反射法地震探査データの再処理および地震波アトリビュート解析を行い、付加体内部の変形構造について検討した。まず、2006年に取得された三次元反射法地震探査データを対象に、フェーズ1（2015～2016年度）では、IODP C0002掘削孔を含む25km×12kmの範囲を、フェーズ2（2017～2018年度）では、C0006掘削孔等を含む20km×12kmの範囲について再処理を行った。また、2003年に実施された二次元探査（ODKM03）は、三次元探査のストリーマケーブル長（4.5km）に比べて長いストリーマケーブル（6km）であるという利点を有しており、C0002掘削孔を北西-南東方向に横切る測線について再処理を行った。データ再処理では、信号の広帯域化およびノイズ・多重反射波抑制などの高度な前処理を適用することで、反射波シグナルの品質改善を行い、その後、重合前深度マイグレーションを新たに実施し、既存のものに比べて高品質な深度領域の地殻構造イメージを得た。三次元データから得られた反射波イメージボリュームについて、反射面の連続性（コヒーレンス）や構造傾斜など、地質構造に関する地震波アトリビュートを算出し、地質構造の解釈に利用した。

その結果、インナーウェッジでは、これまで理解が不十分であった付加体内部の変形構造、それらの巨大分岐断層（プレート境界断層）との関係が明らかになってきた。熊野海盆直下には、反射波断面上では複数の褶曲構造を認定でき、その褶曲構造より下部には、傾斜した反射面やフラグメント化した反射波が多数観察された。コヒーレンスキューブの等深度スライスでは、褶曲構造に典型的なパターンが確認された。これらの反射波の特徴は、スラスト断層の発達による背斜構造と派生小断層群が存在するものと考えられる。二次元データの再処理断面では、付加体内部の深度4～6km付近にステップ状に変位を伴う反射面が連続的に確認された。これらはバックスラストを伴う複数のスラスト断層と解釈でき、三次元の構造的特徴と調和的である。推定されるスラスト断層のデタッチメントは、プレート境界断層の波状の起伏に対応して収斂する様相を呈している。アウターウェッジでは、微細な変形や破壊が以前よりも鮮明にイメージングされた。スラスト群で変位した地層の対応関係を追跡することができる。地震波アトリビュートの等深度スライスでは、インシークエンススラストが形成された後にできたと見られる、水平圧縮による共役な断層が確認される。また、スラストが発達する浅部の互層ユニットの下にある、アンダースラスト堆積物の内部には複数の反射面が以前より明瞭に確認されるようになり、これらのいくつかはスラスト断層群のデタッチメントとして認定できる。今後、上載堆積層内の変形構造やデコルマ面の分布について、海洋地殻上面の凹凸との関連として改めて調べることが重要である。

謝辞：本研究は、JSPS科研費基盤S（JP15H05717）によりサポートされています。

キーワード：南海トラフ地震発生帯、地殻構造、反射法地震探査、地震波アトリビュート
Keywords: Nankai Trough seismogenic zone, crustal structure, reflection seismic, seismic attribute

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Along-strike variations in protothrust zone characteristics at the Nankai Trough subduction margin

*Hannah Tilley[1], Gregory F Moore[1], Mikiya Yamashita[2], Shuichi Kodaira[2]

1. University of Hawaii at Manoa, 2. JAMSTEC

Protothrust zones (PTZs) are assumed to control the development of new frontal thrusts at subduction zones. PTZs are areas of incipient thrust faulting between the deformation front and the frontal thrust. However, limited resolution of previous seismic studies has hindered the study of their role in subduction accretion. New high-resolution seismic reflection surveys enabled detailed analysis of the PTZ along the Nankai Trough, SE Japan. Seventeen multichannel seismic reflection lines were collected perpendicular to the trench axis between Cape Ashizuri and Cape Muroto using a 1200m long, 192 channel hydrophone cable and a 380 in^3 (5.24L) cluster airgun array. These lines were processed using pre-stack depth migration. PTZs only existed where a turbidite sequence was present beneath the trench wedge. The PTZs consisted of closely spaced, sub-parallel protothrusts that decreased in spacing and increased in length landward. Where the turbidites were truncated by basement topography, there was a transitional PTZ heterogeneous protothrusts and small displacement thrust faults. We hypothesize that elevated pore pressures due to the low permeability hemipelagic sediment inhibit the formation of PTZs and favor small displacement thrusts in a narrow trench wedge. Conversely, turbidite layers within the hemipelagic sediment allow drainage and reduce the pore pressure. This increases the effective stress and shear strength on faults, resulting in strain localizing protothrusts. This implies that the changes in pore pressure imposed by differences in the sediment permeability control the style of deformation in the trench wedge and consequently, the geometry of the accretionary wedge.

Keywords: Nankai Trough, Protothrust Zone, Subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雑微動の相互相関解析による南海トラフ周辺の地震波速度の時間変化
Temporal change in seismic velocity in the Nankai subduction zone from cross-correlation analysis of ambient noise

*池田 達紀[1]、辻 健[1]
*Tatsunori Ikeda[1], Takeshi Tsuji[1]

1. 九州大学
1. Kyushu University

本研究では、南海トラフにおける応力やひずみの時間変化を調べるために、2014年10月1日～2017年11月30日の期間に、紀伊半島沖の海底観測網(DONET)で取得された雑微動データの解析を行った。この解析期間には、DONET直下で2016年4月1日に発生した三重県南東沖地震(M_W5.9)と、その余震が含まれている。雑微動データに対し、南海トラフ周辺で音響レーリー波が卓越していると考えられる0.7～2.0Hzの周波数帯のバンドパスフィルターを適用しながら、観測点間の相互相関関数を求めた。さらに相互相関関数にストレッチング法を適用することで、南海トラフ周辺の地震波速度の時空間変化を推定した。

その結果、三重県南東沖地震の際に、地震波速度の明瞭な低下が認められた。各観測点で推定された地震波速度の低下率は最大速度 (PGV)と相関があり、このことから強震動による動的な応力変化が、地震時の速度変化の主な要因であることが示唆される。地震波速度変化のPGVに対する感度は一様ではなく、各観測点周辺の地質構造や有効応力状態の違いを反映している可能性がある。また、三重県南東沖地震前に地震波速度が長期的に増加する傾向が得られ、これはプレートの沈み込みに伴う、南海トラフ周辺におけるひずみの蓄積を反映している可能性がある。この長期的な地震波速度増加のトレンドを取り除くと、地震時に低下した速度は観測期間内では完全に回復していないことがわかった。これは三重県南東沖地震による非線形性の影響を示している可能性がある。これらの結果は、雑微動の相互相関を利用した地震波速度モニタリングで、海域に発達するプレート境界域の応力変化をモニタリングできる可能性を示している。

キーワード：南海トラフ、2016年三重県南東沖地震、モニタリング、雑微動、地震波干渉法
Keywords: Nankai Trough, 2016 Off-Mie earthquake, monitoring, ambient noise, seismic interferometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

掘削パラメータを用いた 南海トラフ付加体の強度推定
Strength profile of the Nankai accretionary prism evaluated from drilling parameters

*濱田 洋平[1]、北村 真奈美[2]、廣瀬 丈洋[1]、山田 泰広[1]、真田 佳典[1]、杉原 孝充[1]、斎藤 実篤[1]、MOE KYAW[1]
*Yohei Hamada[1], Manami Kitamura[2], Takehiro Hirose[1], Yasuhiro Yamada[1], Yoshinori Sanada[1], Takamitsu Sugihara[1], Saneatsu Saito[1], KYAW MOE[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science andTechnology

In-situ rock strength with depth under the ground/seafloor is a critical parameter for various studies in geology and seismology. The measurements on rock/core samples, however, hardly have been done with success due to lack of drilled cores and sufficient knowledge about the in situ conditions. We proposed a new indicator of the strength, equivalent strength (EST) developing previous mechanical parameter (Mechanical specific energy: Teal, 1964) from the oil industry, which is converted only from drilling performance parameters such as drillstring rotational torque, bit depth and drillstring rotational per minute. The data processing was applied to the data taken from International Ocean Discovery Program (IODP) expeditions in the Nankai Trough (sites C0002 and C0023). The depth profiles of the EST at Site C0002 are drawn from 0 to 3000 meter-below-seafloor (mbsf), across the forearc basin and the accretionary prism, and the values of the calculated EST are consistent with compressive strength measured on core samples under estimated in situ stress conditions in laboratory. The high (~20 MPa) EST in the forearc basin sediments corresponds to the high $CaCO_3$ content indicating the carbonate is cementing the shallow formation. The EST did not show a significant increase at the forearc basin–accretionary prism boundary, however clearly increased within the prism, ca. below 1500 mbsf. This result may indicate that even the shallow accretionary prism has been strengthened by horizontal compression derived from plate subduction. At the site C0023, where the toe of the accretionary prism area off Cape Muroto, the EST trend increases with depth and suddenly changes between 600–650 mbsf, 840–870 mbsf, and 1120 ~ mbsf, corresponding to tuff0rich zone, top of the subducting sediments and the basement igneous rocks, respectively. This EST trend shows good agreement with P-wave velocity curve measured on core samples. The EST decreases from ~20 MPa to 5 MPa below the frontal decollement with sharp negative peak. This low-EST zone probably indicate the existence of excess fluid pressure.

キーワード：南海トラフ、掘削等価強度、南海トラフ地震発生帯掘削、室戸沖限界生命圏掘削調査
Keywords: The Nankai Trough, Equivalent strength, Nankai Trough SeismogenicZone Experiment, T-Limit of the Deep Biosphere off Muroto

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleotemperature anomalies deduced from thermal-maturity parameters within the décollement, off Cape of Muroto, Japan

*神谷 奈々[1,2]、廣瀬 丈洋[2]、山本 由弦[2]、濱田 洋平[2]、Bowden Stephen[3]、Tsang Man-Yin[4]、Yang Kiho[5]、藤内 智士[6]、林 為人[1,2]
*Nana Kamiya[1,2], Takehiro Hirose[2], Yuzuru Yamamoto[2], Yohei Hamada[2], Stephen A Bowden[3], Man-Yin Tsang[4], Kiho Yang[5], Satoshi Tonai[6], Weiren Lin[1,2]

1. 京都大学大学院工学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. University of Aberdeen、4. University of Toronto、5. Yonsei University、6. 高知大学
1. Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2. JAMSTEC, 3. University of Aberdeen, 4. University of Toronto, 5. Yonsei University, 6. Kochi University

Heat flow is characteristically high at the toe of the Nankai accretionary prism, off cape Muroto, and this is considered to be a consequence of the subduction of a hot and active ridge (e.g. Yamano et al., 2003). Despite present-day heat flow being known, how heat has changed over time in this area remains uncertain and is poorly constrained. To address this question, we have investigated palaeotemperatures using thermal maturity parameters measured on cores collected during IODP Expedition 370. Paleotemperature data were evaluated within the context of present-day heat flow and expected changes in temperature with respect to depth; e.g., numerical constraint whether present-day temperatures are too hot or cold to explain thermal maturity measurements, and whether there are anomalies with respect to depth. This is particularly important for Expedition 370 (T-limits) which selected the Muroto-site (Site C0023) because of its high heat flow and the chance this offers to investigate the habitability of the deep biosphere with respect to the temperature. Site C0023 is located 120 km from Cape Muroto, and is in the protothrust-zone of the Nankai accretionary prism. The hole encountered the décollement at 758-795 mbsf, and present-day temperatures were measured down to ~350 mbsf. Vitrinite reflectance was used to estimate maximum paleotemperatures and to look for thermal anomalies. The vitrinite reflectance increases with depth from 0.2 to 0.6 % from 200 to 700 mbsf, typical of conventional burial metamorphism, but changes little from 700 to 1000 mbsf (values stay about 0.6 %). There is a notable high value at 1090 mbsf (about 1%). There are anomalously high values of both vitrinite reflectance and sterane and hopane biomarker data at about 800 mbsf. For heating durations of 400, 4000, 40000 and 400000 years, and assuming thermal maturation using the EasyVit model of Burnham and Sweeny (1990), temperatures of 40~140 ℃ can explain data between 200 to 750 mbsf. To match measurements of vitrinite reflectance at 750 mbsf, a maximum paleotemperature of 140 ℃ is required. At 1090 mbsf, temperatures as high as ~200 ℃ could be needed. The difference between the paleo- and present-day temperatures is the notably the greatest at the décollement, strongly suggesting an elevated heat flow at some time. A heating duration of 400 years, an elevated a heat flow of 130 ±90 mW/m^2 and a temperature > 150 ℃ can explain the observations on the vitrinite reflectance. Considering the scales of space and time of thermal advection, a high-temperature fluid along the décollement zone is our currently preferred explanation.

キーワード：室戸、デコルマ、古地温異常
Keywords: Muroto, Décollement, Paleotemperature anomalies

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Modelling thermal maturity of an accretionary wedge

Mannu Utsav[2]、*木下 正高[1]、Gerya Taras[3]
Utsav Mannu[2], *Masataka Kinoshita[1], Taras Gerya[3]

1. 東京大学地震研究所、2. Department of Earth and Climate Science, IISER Pune、3. Institute of Geophysics, ETH Zürich
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Department of Earth and Climate Science, IISER Pune, 3. Institute of Geophysics, ETH Zürich

In accretionary margins, the estimation of peak heating through the thermal maturity of organic material reveals differentiated deformational pathways in the adjoining sections of the wedge. As the thermal maturity of the deformed structures is a function of both the geothermal gradient and the duration of time it has been exposed to different gradients, the distribution of vitrinite reflectance (the measure of thermal maturity) in the wedge does not necessarily reveal the temporal deformational pathway of the individual pockets. As a result, the different portions of the accretionary wedge exhibit different correlations between the thermal maturity and a unique deformational pathway. These different correlations can be explored through the means of geodynamic modelling which can then be used in the field to ascertain a more holistic picture of deformation in an accretionary wedge. Therefore, in this study, we use a 2D plate subduction thermomechanical model, to simulate formation of accretionary wedge and the track the evolution of the vitrinite reflectance in the accretionary wedge.

キーワード：thermal maturity、accretionary wedge、numerical simulation
Keywords: thermal maturity, accretionary wedge, numerical simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬場 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴
Spatial-temporal and seismogram characteristics of foreshock and aftershock activities for tsunami earthquakes

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1]
*Yifeng Liu[1], Yoshihiro Ito[2], Kazuaki Ohta[2], Satoshi Katakami[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institude, Kyoto University

津波地震は短周期マグニチュードに比べて大きな津波をもたらす異常な地震である。それゆえ、沿岸部に住んでいる人があまり揺れを感じず、避難行動につながりにくいため、甚大な津波被害へとつながる可能性が高い。一方津波地震の観測事例は、通常の地震に比べて、その観測事例が少ないため、その発生メカニズムについては未だ明らかではない。本研究では津波地震の発生メカニズムの解明を目的として、過去に発生した３つの津波地震（ニカラグア(1992/09/02, Mw7.7)・ジャワ島(2006/07/17, Mw7.7)・メンタワイ(2010/10/25, Mw7.8)）の前震・余震活動を調べた。さらに津波地震と同様の特徴を示すやや小規模の地震が、前震や余震活動の中に含まれていないか調べた。

はじめに、ISCやUSGSなどで公開されている地震カタログとIRISによる波形の記録を用い、前震並びに余震活動の抽出、または時空間的特徴の評価を行った。ニカラグア本震の発生前には、震央から約10km離れた西側でMb5前後の前震（1992/08/10 06:09:20 Mb 5.2, 1992/08/10 06:34:14 Mb4.7, 1992/08/11 05:23:51 Mb 5.1, 1992/08/13 08:41:17 Mb 4.7）が四つ発生した。ここでは、本震前の三年間の地震カタログ中のイベントを津波地震の震源を中心とした５度*５度の領域を１度刻みで分割し、各セグメントに含まれる地震の活動度を調べた。３つの地域ごとに分析した結果、津波地震の本震域の周辺ではいずれも静穏期が存在していることが分かった。また、ニカラグア地震の余震に関しては、前震と同じセグメントで余震の静穏期が検出された。

ニカラグア地震の本震発生前には、本震の震源域付近の前震活動にマイグレーションが観測された。マイグレーションに含まれているイベントと同領域で発生した余震の波形を、本震の波形と比較した。ここでは、各イベントに対して、表面波とS波の最大振幅の比を求めることでそれらを比較した。その結果、津波地震の本震の値は、表面波とS波の比が圧倒的に高い値を示すのに対して、前震および余震については津波地震と同様の特徴を示していない。これは本震のみが津波地震的な特徴を示す断層運動であるに対し、津波震源域内で発生する小規模な地震は通常の地震と同様の破壊現象であることを示唆する。

キーワード：津波地震、地震活動、波形処理
Keywords: tsunami earthquake, seismic activity, waveform analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

世界の大規模地震の続発性ー実事例と時空間ETASによる比較
Successively occurring large earthquakes in the world –comparison of real cases with expectations by the space-time ETAS

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2]
*Tetsuo Hashimoto[1], Takashi YOKOTA[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 愛知工業大学
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Reaserch Institute, 2. Aichi Institue Technology

政府の防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会において，南海トラフ地震情報が発表される事象の基準作りが行われている．具体的な防災対策の実施のため，どのような現象が対応する事象に該当するのか，その具体的な基準が検討されている．今回は，この検討に資するため，世界の大規模地震の発生について，新たに改訂されたISC-GEM version5.1のデータ(1904－2014年)を用いて解析した．さらに，時空間ETAS(Ogata and Zhaung,2006，尾形,2015)等を用いて，大規模地震発生に係る試算を行ったので，報告する．

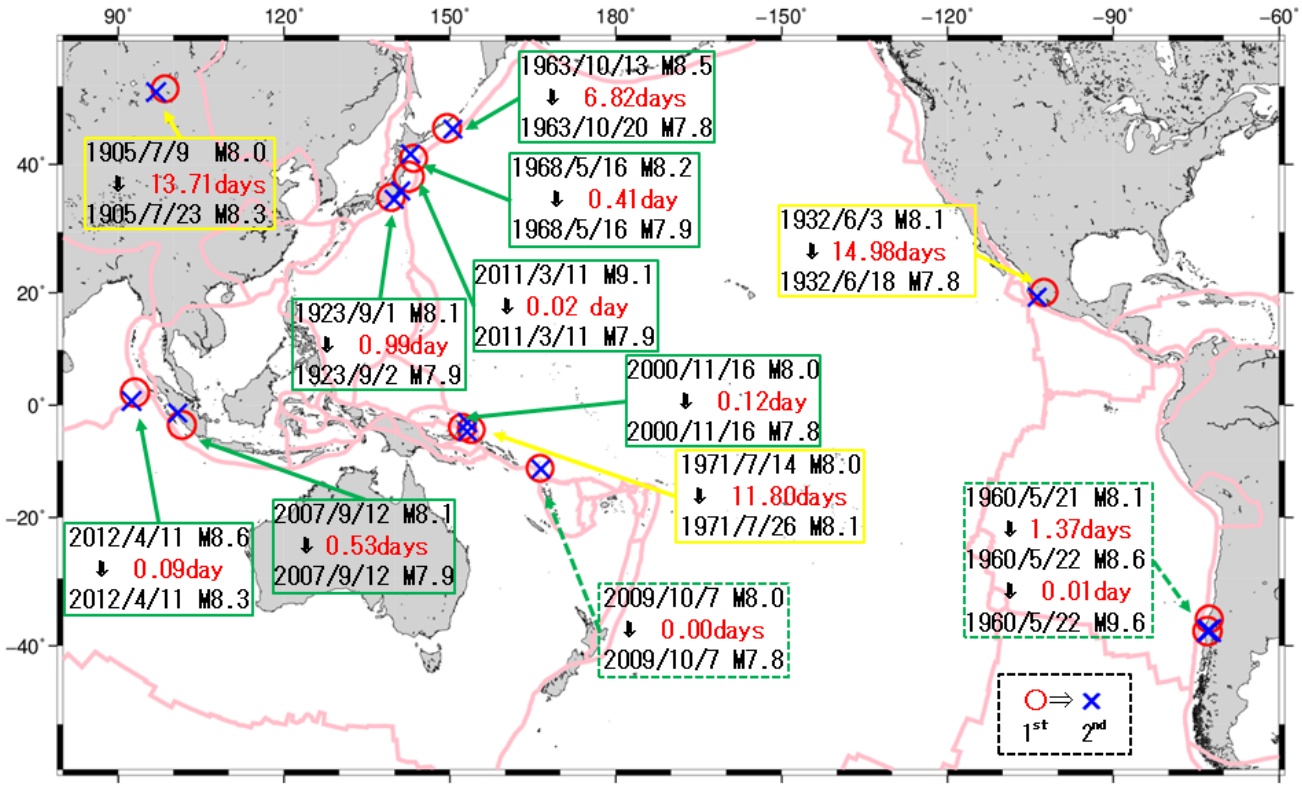
最近100年程度に発生した世界のＭｗ8.0以上の地震は，103事例抽出され，その内，3日以内，7日以内及び30日以内に，周辺500㎞以内の領域で，Ｍｗ7.8以上の地震が続発したのは，それぞれ9事例，10事例，13事例あった．このように地震発生直後に続発する事例が多く，かつ，時間が経過しても，続発が継続することも，再確認できた．

日本周辺域パラメータ(Ogata and Zhaung,2006)および，一元化データから推定したb＝0.92として，時空間ETASでMw8.0以上の世界の地震について震央距離500㎞以内にM7.8以上の地震が3日以内，7日以内及び30日以内に発生する期待値を計算し，和をとると，それぞれ5.3回，6.5回，8.0回となり，期待される発生頻度の値や先行地震からの経過時間に伴う減少傾向は，上述の実事例と概ね整合的であった．

謝辞：ISCのISCGEMver5.1を使わせていただいた．また，気象庁地震火山部地震予知情報課に多大なる協力を得た．

キーワード：南海トラフ地震、大規模地震、続発性、ETAS
Keywords: Nankai trough earthquake, Large earthquake, occurring in succession, ETAS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Epicentral distribution of pairs of the over Mw8 as 1st event(upper) and over Mw7.8 as 2nd event(lower) within 500km of the 1st. Time differences of two events are shown as red (yellow frames are over 7days). Pairs of less 50km of distance are shown as dashed frame. Plate boundaries data from Bird(2003). Map is drawn with GMT.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安定海洋プレートでの地震活動
Seismicity beneath stable oceanic plate

*石原 靖[1]
*Yasushi Ishihara[1]

1. 海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター
1. R&D Center for Earthquake and Tsunami, JAMSTEC

Stable oceanic plate has low seismic activity generally. Real tectonic deformation is also stable? To survey this topics, high quality and long-term observation. Pacific21 broadband seismic network deploys stations in Micronesia area. At present five islands station are under operation. Two of all have already telemetered to our data center via internet connection and transfer to other organization and institute.
In this year new telemeter station (station code: CHUK) is completed successfully. Chuuk (Truk) island locates on old oceanic plate about 900-1,000km southeast of Mariana trench and Guam. CHUK station locates inside deep tunnel made in more than 70 years ago, WWII era. The site condition is fine in basalt mountain, under stable temperature and on rigid floor. We deployed STS-2 broadband sensor in sensor room, high-resolution data logger and stable power supply system. CHUK station will contribute monitor and location of earthquake around Mariana trench and outer rise area.
Though CHUK station locates in small oceanic island and records strong ocean microseism, background noise level is lower level than standard model. CHUK station is excellent site to monitor including small local earthquake. CHUK station operates for about four years. We review continuous data and pick up local regional seismic events. Not only outer rise region but also Chuuk island area and hidden tectonic zone has active seismicity. By trial analysis, depth of these seismic events is beneath 20km. It implies stress concentration in oceanic plate and its deformation.

キーワード：海洋プレート、地震活動
Keywords: oceanic plate, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

Relation between long-term slow slip events and correlation between tidal triggering effect and deep low-frequency earthquakes in Bungo Channel: Part 2

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Akio Kobayashi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

豊後水道では，長期的スロースリップイベント（LSSE）が数年間隔で繰り返し［例えば，Kobayashi, 2017, EPS］，それに同期して深部低周波微動・地震（LFE）が活発化している［Hirose et al., 2010, Science］．微動活動は高い潮汐相関を示すことが指摘されている［Ide, 2010, Nature; Ide & Tanaka, 2014, GRL］が，LFEの潮汐相関の長期的な時間変化に着目した研究はない．

他方，通常の地震活動と潮汐との相関についても精力的に調査されており，大地震前に震源域周辺で相関が高くなり，地震発生後に低下するという報告がある［例えば，Tanaka, 2012, GRL］．さらに，高潮汐相関の先行期間はその後に発生する地震の規模と対応しているとも指摘されている［Tanaka, 2012］．

そこで本研究では，大地震の前後にみられる定常地震活動と潮汐との相関の時間変化の関係が豊後水道で発生しているLSSE前後におけるLFEと潮汐との相関の時間変化にもみられるかに着目して解析を行った．

用いたデータは，2000年1月1日～2018年3月21日に豊後水道直下で発生したLFEで，気象庁一元化震源カタログで低周波フラグが付加されたイベントとした．LFEは通常の地震に比べて震源決定精度が低い．なお，気象庁によるLFEの決定方法が2018年3月22日から切り替わり，そこを境に検知能力が変わっている．長期的な変化をみるには適さないと考え，データ期間から外した．

潮汐が地下の断層に与える影響を推定するために，断層パラメータを設定する必要がある．本解析対象は約15 km四方の狭い領域であるため，プレート形状［Hirose et al., 2008, JGR］と深部超低周波地震のMT解［Ide & Yabe, 2014, GRL］を考慮して，ひとつの断層面（走向237˚，傾斜角16˚，すべり角103˚）を仮定した．震源は一律，解析領域の中心（東経132.254˚, 北緯33.142˚，深さ32 km）で発生したと見做し，発生時間は気象庁カタログ値をそのまま用いた．

震源における理論潮汐応答は，固体地球潮汐と海洋潮汐荷重効果の両方を考慮し，潮汐指標として体積歪ΔV，仮定した断層面上のせん断応力Δτ，法線応力Δσ，及びΔCFF（見掛けの摩擦係数は0.1, 0.4, 0.7）の6成分を解析対象とした．体積歪及び法線応力については膨張・拡張を正，収縮・圧縮を負とした．せん断応力及びΔCFFについては断層すべりを促進する方向を正，抑制する方向を負とした．潮汐位相角は，各時系列についてイベント前及び後の極小値の位相を-180˚及び180˚，極小値間の極大値の位相を0˚とし，その間は等分割した位相と定義した．潮汐位相角に基づき，LFEと潮汐との相関度を*p*値［Schuster, 1897］で評価した．

解析の結果，LFEはΔτの潮汐位相角が0˚（すべりを促進）であるときに発生しやすいことが明らかとなった．これは見掛けの摩擦係数が極めて小さく，間隙水圧が極めて高いことを示唆しており，地震波速度構造から推測される流体の存在［Hirose et al., 2008］とも整合する．解析期間中に，LSSEは3回（2003-2004年，2009-2011年，2014年）発生している．*p*値の時間変化は，これらLSSE前に小さく（潮汐との相関が高く），LSSE後に大きく（潮汐との相関が小さく）なる傾向を示した．この結果は巨大地震前後にみられる背景地震の*p*値の時間変化と類似している．このことから，LFEの潮汐相関はLSSEによる応力場の擾乱と強く関連していることが示唆される．なお，2018年3月時点での*p*値は，これまでのLSSE発生前の水準まで低下している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球潮汐、p値、深部低周波地震、長期的スロースリップイベント、豊後水道
Keywords: Earth tide, Schuster's p value, Low frequency event, Long-term slow slip event, Bungo Channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた初動読み取りと震源決定
Arrival-time and hypocenter determination using S-net

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Tomomi Okada[1], Ryota Takagi[1], Takashi NAKAYAMA[1], Syuichi Suzuki[1], Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Keisuke Yoshida[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

Hypocenter distribution is basic information for understanding seismogenesis.

For east off Honshu from Hokkaido, Tohoku, Kanto, S-net has been deployed by NIED. S-net is expected to improve accuracy of hypocenter location. In this study, we show a preliminary result of hypocenter determination using S-net and onshore stations.

We used hypomh (Hirata and Matsu’ura (1984)) with seismic velocity structure of Hasegawa et al. (1978). In our case, we used waveform converted to vertical, north-south, east-west components by Takagi et al. (this meeting).

For the earthquake near coast line, we can determine reliable hypocenter location, which is correspond to the location determined by F-net CMT or AQUA catalog. However, large travel time residuals over 3 seconds earlier are estimated for distant stations including the stations east of trench. This would mainly be due to the high velocity Pacific plate (e.g., Toyokuni et al., this meeting). To improve the velocity structure and use station correction are necessary for further study.

Acknowledgements: We used S-net, Hi-net and stations by universities (Hokkaido, Hirosaki, Tokyo and others), Aomori and Tokyo Pref., ADEP (Association for the development of earthquake prediction) and JMA. Profs. Matsuzawa, Zhao, Umino and Hasegawa and Mr. Hirahara give us valuable suggestions.

キーワード：S-net
Keywords: S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

Focal mechanisms of the double seismic zone in the Pacific plate, off Boso: Temporal change after the 2011 Tohoku EQ

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10]
*Guanyu Chen[1], Toshinori Sato[2], Tomoharu Sato[1], Asami Terada, Masanao Shinohara[3], Kimihiro Mochizuki[3], Tomoaki Yamada[3], Kenji Uehira[4], Takashi Shimbo[5], Shuichi Kodaira[5], Yuya Machida[5], Ryota Hino[6], Ryosuke Azuma[6], Yoshio Murai[7], Yoshihiro Ito[8], Hiroshi Yakiwara[9], Kenji Hirata[4], Akinori Hashima[3], Andrew M. Freed[10]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 東京大学地震研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 海洋研究開発機構、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 北海道大学大学院理学研究院、8. 京都大学防災研究所、9. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10. Purdue University
1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 8. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 10. Purdue University

1.はじめに

房総沖では、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、太平洋プレート内に二重深発地震面が明瞭にみられる（例えば寺田・他、JpGU2016）。佐藤・他（JpGU, 2018）は陸上観測と海底地震計観測のデータを用いて、2011年東北地震前後での二重深発地震の発震機構を調べたところ、下面の発震機構が地震前は沈み込む方向に伸長が卓越していたが、地震後3か月は圧縮になっていたことを発見した。本研究は、下面の発震機構が東北地震後、時間とともにどう変化したかについて、地震後1年間のデータを用いて議論する。

2.データと解析方法

使用データは、Hi-netの波形データと東北地震後の海底地震計を用いた余震観測（2011/3/15-2012/3/31）である。寺田・他によって再決定された地震のうち、太平洋プレート内の二重深発地震面にある地震を抜き出し、P波の押し引きを検測した。寺田・他が決定した3次元地震波速度構造から射出方向、射出角を求め、グリッドサーチで最適な発震機構を求めた。

3.結果

東北地震後1年間では、二重深発地震面上面は沈み込む方向に圧縮が卓越する地震が多くみられた。これに対し下面では、7月までは圧縮が卓越する地震がほとんどであったが、9月以降は、沈み込む方向に伸長する地震が多数となった。これは、東北地震によって太平洋プレートが浅部で下方に動いたため、この二重深発地震面がある深さでは太平洋プレート内が地震後は圧縮になったが、その後、この応力が半年ほどで緩和したことを示している。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では、防災科学技術研究所のHi-netの波形データを使用させて頂きました。海域観測に関して、2011年東北地方太平洋沖地震余震観測での各航海における船長と乗組員の方々の協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

キーワード：二重深発地震面、発震機構の時間変化、太平洋プレート、房総沖、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Double seismic zone, temporal change of focal mechanism, the Pacific plate, off the Boso Peninsula, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6]
*Yukihiro Nakatani[1], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Reiji Kobayashi[2], Hiroki Miyamachi[2], Shigeru Nakao[2], Kazunari Uchida[3], Takeshi Matsushima[3], Hiroshi Shimizu[3], Kazuo Nakahigashi[4], Yusuke Yamashita[5], Hideji Abe[6], Tomoaki Yamada[6], Masanao Shinohara[6]

1. 鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東京海洋大学、5. 京都大学防災研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 6. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

The Ryukyu Trench subduction zone is seismically active region. In the northern part of the Nansei Islands, both seismic and aseismic events have occurred along the subducting plate interface. Spatial distribution of small local earthquakes in this region seems to show some seismic clusters and gaps. Short-term slow slip events and shallow low-frequency tremors have been also observed by recent onshore seismic and geodetic data. However, patterns of their slip behavior and spatiotemporal relationship between regular and slow earthquakes are less well understood because seismic stations are located only at the islands that are linearly arranged; at least 100 km away from the Ryukyu Trench.
We have therefore conducted repeating long-term ocean bottom seismographic observation off the northern part of the Nansei Islands since 2014. First, we deployed three pop-up type ocean bottom seismometers (OBSs) in April 2014. Then, three more OBSs were added to the network in July 2015, and after that deployment and retrieval of OBSs at the same position have been repeatedly carried out every about one year. The station interval is about 40–60 km.
In this study, we focus on regular local earthquakes, particularly seismic clusters beneath the central part of the observation network. In order to obtain key properties of the clusters and to detect missing earthquakes, we apply a matched-filter technique to OBS continuous waveform data. As template event waveforms, we select events determined by Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University. The hypocenters of the template events are relocated by merging manual pick data of P phases and S phases recorded on the OBSs with those on the onshore stations. As a preliminary result, we achieve detection of missing earthquakes using example template events and a threshold rule based on the median absolute deviation of the mean correlation coefficient. In this presentation, we further discuss the characteristics of waveform similarity of the OBS data.

Acknowledgements: This work is supported by Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program, the MEXT of Japan and by ERI JURP.

キーワード：OBS observation、the Ryukyu Trench、similar earthquakes
Keywords: OBS observation, the Ryukyu Trench, similar earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴
Seismicity and crustal structure in the Okinawa Trough

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2]
*Azusa Nishizawa[1], Takeshi Kimura[1], Kentaro Kaneda[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Coast Guard

沖縄トラフは，南西諸島（島弧）の背弧にあたり，フィリピン海プレートの沈み込みに起因して島弧地殻が伸張しつつある，日本列島周辺でも非常にユニークな海盆である．プレート沈み込み帯にあたる南西諸島（琉球）海溝では，観測された巨大地震数は少なく，プレート間の固着が小さいと考えられてきたこともあり，十分な観測が行われてこなかった．一方で沖縄トラフを含む南西諸島域で起こる地震については，観測点が弧状に点在する陸域に限られることもあり，精密な震源分布を得ることは困難である．

これまでの地震観測結果によれば，沖縄トラフ内の地震活動が局所的に分布していることが示されている．最近，海上保安庁によりトラフ全体にわたって詳細な地殻構造モデルが提出されたので，トラフの浅部地震活動の特徴を知るために，地震発生域と地震学的構造との関連について調べた．その結果，トラフの地殻内地震の活発な領域は構造の不均質性の大きなところに対応しており，例えば，これまでに地震活動がほとんどなかった海域で発生した2015年11月14日の薩摩半島西方沖地震（*M*7.1）とその余震活動は，沖縄トラフの北西縁の地殻がトラフ下よりも薄い領域に集中していることがわかった．これらの地震は横ずれ断層と正断層の発震機構解を持つがいずれも張力軸は北西－南東方向であり，この領域が現在のリフティング活動域であることを示した．

沖縄トラフの地殻内地震でこれまでに記録された最大のものは1938年6月10日の宮古島北西沖地震（*M* 7.2，*Ms*7.7）であり，1.5 mの津波が宮古島で観測された．この地震の震央は，トラフ内で最も深い水深を有する八重山海底地溝の北方延長部が陸的構造をもつ宮古海山に接する構造の不連続性の大きなところに推定されている．また2007年4月20日には同地域周辺で*M*6.7の地震を含む*M*6以上の地震が3回観測されるなど活発な活動が見られた．これらの地震の震央域は宮古海山北部の宮古海底地溝付近の地震反射断面図で正断層が多くみられるところに対応している．防災科研F-netの発震機構（モーメントテンソル解）によれば張力軸は北北西ー南南東方向で宮古海底地溝の走向に直交であり，宮古海底地溝に沿ってリフティング活動が集中していることを示唆する．しかしながら，この領域ではF-netのモーメントテンソル解カタログのデータの震源位置とグローバルCMT震源位置は最大20 km程度のずれがあり，沖縄トラフ内でも特に震源決定精度の悪い領域で，正確な位置の特定は難しい．

一方，速度構造調査の結果は，沖縄トラフは背弧拡大により形成された四国海盆における厚さ5-7 kmの薄い海洋性地殻とは異なり，より厚い島弧地殻を持っていることを示している．それは，例えば海洋地殻が形成されつつある中央海嶺軸付近よりも地震発生層が厚く，より大きな地震を起こす可能性があることを意味する．今後は，沖縄トラフで発生する地震や津波の予測について，さらには南西諸島海溝や隣接する南海トラフの巨大地震発生との関連についても，慎重に検討する必要があろう．

キーワード：沖縄トラフ、地震活動、地震学的構造
Keywords: Okinawa Trough, seismic activity, marine seismics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

Time series analyses of the seismic activities in southwestern Japanese Island to southeastern Korean Peninsula excited by the deep fluid heat flow

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Education, Arts and Sciences, Yamagata University

１．はじめに

2016年4月14日22時26分頃，熊本県中央部の深さ11kmを震源とする気象庁マグニチュードMj6.5の地震が発生した．その約1時間半後の15日00時03分頃にMj6.4の地震が，さらにその25時間後の16日01時25分にMj7.3の地震が発生した．これらの一連の地震は平成28年（2016年）熊本地震（気象庁，2016；以下，熊本地震）とよばれ，震央に近い益城町をはじめ，人的被害を含む構造物等の大規模な被害被害が発生した．この地震の発生の半年前から直前まで，沖縄トラフ北西部において，北東南西方向の伸びを示す，後の熊本地震と同規模の余震域をもつ一連の地震が起こっている．その後，半年～１年間の間に，朝鮮半島南東部，鳥取県中部と立て続けに被害地震が発生している．筆者は，これらの地震について，震源の詳細な時空間的解析の結果，およびその西南日本における時空間的位置づけを検討した結果，これらの地震の発生には深部流体が大きく寄与していることが明らかになったので報告する．なお，本報告中で使用した震源データは，すべて，気象庁一元化処理データを使用した．

２．西南日本の大規模浅発地震の時空分布

近年，近畿地方以西の日本列島周辺で発生した，被害をもたらすような大規模浅発地震は，少なくとも2015年11月以降，次のように列挙することができる．すなわち，

① 2015年11月15日 沖縄トラフ北西縁の地震 北緯31.33050°，東経128.71733°，深さ9.4km，M5.9．
前日（11月14日）にM5.1の前震，2016年5月7日にM5.5の最大余震．
② 2016年4月16日 平成28年2016年熊本地震 北緯32.75450° 東経130.76300°, 深さ12.45km，M7.3．
2日前の4月14日にM6.5，1日前の4月15日にM6.4の前震，2016年4月16日にM5.9の最大余震．
③ 2016年9月12日 朝鮮半島南東部の地震（慶州地震）北緯35.79817° 東経129.27167°，深さ36.0km，M5.8．
本震の40分前にM5.2の前震．1年後の2017年11月15日にはM5.2，さらにその3ヶ月後にはM4.8の地震．
④ 2016年10月21日 鳥取県中部の地震 北緯35.38050° 東経133.85617°，深さ10.61km，M6.6．
低周波地震からなる前震群，低周波地震を含む余震群．（10月26日には島根県西部において2個の低周波地震）
⑤ 2017年11月15日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.19584° 東経129.39417°，深さ11.0km，M5.6．
⑥ 2018年02月11日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.09883° 東経129.45700°，深さ4.0km，M4.6．
⑦ 2018年4月9日 島根県西部の地震 北緯35.18467° 東経132.58667°，深さ12.13km，M6.1．
⑧ 2018年6月18日 大阪府北部地震 北緯34.84433° 東経135.62167°，深さ12.98km，M6.1．
である．

３．西南日本における大規模浅発地震の連鎖

以上の地震について，その位置に注目してみると，①～④，⑤～⑧は，それぞれ震央が西から東へと移り変

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

わる一連の位置の変化が認められる．

その中で，① 沖縄トラフ北西縁の地震と② 2016年熊本地震との関係をみると，①の地震群の，発生個数・規模の両方が急激に減衰して空白が生じた直後に，その北東側に② 2016年熊本地震が発生しており，両者には密接な関係があるものということができる．

③ 朝鮮半島南東部の地震は，⑤の地震も含め，深部から浅部へと余震域が移動するとともに，横方向にも位置を変えている（Fig.1）．このような震源域の面的な広がりを持たない線状の移動軌跡は，地震の発生に流体が関与している可能性が高いことを示唆している．

④ 鳥取県中部地震では，低周波地震が前震や余震の地震群の多くをなしている．また，③ 朝鮮半島南東部の地震と同様，震源は，深部から浅部へ位置を変えている．このような一連の鳥取県中部地震は，活発な熱流体の活動によってもたらされたと考えられる．このことから，同様な震源の位置変化の特徴を持ち，長いスパンでの一定の範囲内で活動をおこなっている朝鮮半島南東部の地震も，同様な要因でもたらされていると考えることができる．

従って，このような個々に熱流体によってもたらされたと考えられる地震群を含む西から東への震央位置の変化を示す①～④と⑤～⑧の一連の地震群は，西から東への熱エネルギーの移送（Tsunoda　et al., 2013）によってもたらされた可能性を示している．

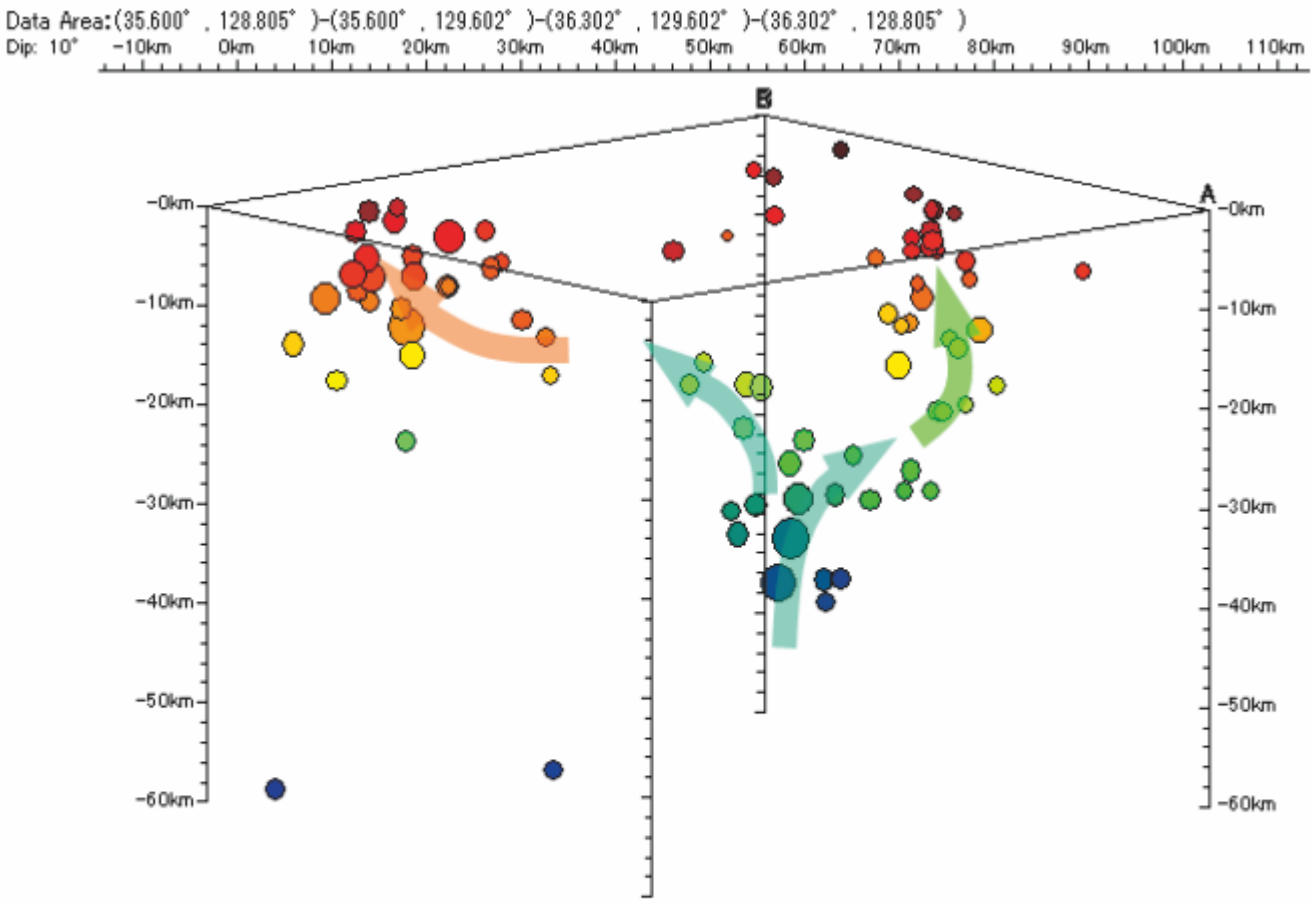
文　献

気象庁, 2016, 平成28年（2016年）熊本地震．災害時自然現象報告書 2016年第1号，230p., 気象庁.

Tsunoda, F., Choi, D.R. and Kawabe, T., 2013. Thermal energy transmigration and fluctuation. NCGT Journal, v.1, p.65-80.

キーワード：地震活動の時系列解析、深部熱流体、日本列島南西部
Keywords: time series analyses of seismic activities, deep fluid heat flow, southwestern Japanese Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Current: (84/84) 2018/02/18 03:34:27.06 M3.0
断面線: N41.0° E
2016/09/11 00:00:00 - 2018/03/01 00:00:00.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

Integrated monitoring of seismicity in and around the Suruga Bay using Ocean Bottom Seismometers and inland stations.

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4]
*Yannis Panayotopoulos[1], Hisatoshi Baba[2], Takahito Nishimiya[3], Taiyo Sotani[4], Nakao Nagisa[4]

1. 地震予知総合研究振興会、2. 東海大学海洋学部海洋地球科学、3. 気象庁気象研究所、4. 東海大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 4. Tokai University

伊豆半島の西側,駿河湾の中央部を南北にのびる駿河トラフは東海地震の想定震源域とされている（例：石橋、1981）．さらに,この地域の北方に分布する富士川河口断層帯はフィリピン海プレートと日本弧付加体の陸上境界と考えられている（例：山崎、1992）．

2009年8月「静岡沖の地震（M6.5）」と2011年8月「駿河湾南西部の地震（M6.2）」の発生を契機に，東海大と気象研（MRI）は駿河湾石花海（せのうみ）周辺海域で，自己浮上型海底地震計（OBS）を用いた海底地震観測を開始した（例えば，馬塲ほか，2015）． さらに2018年からは東海大と気象研（MRI）の観測点4点に地震予知総合研究振興会（ADEP）2点を追加し，駿河湾内で発生する詳細な地震活動に関する調査を継続中である．

本研究では,上述の2009年と2011年に発生した地震の余震活動と思われる駿河湾内に発生している群発地震活動について，OBS観測網と陸上基盤観測網のデータを併合処理した結果について報告する．

キーワード：駿河湾、群発地震、地震活動
Keywords: Suruga bay, Earthquake cluster, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東海地域スラブ内地震の線状配列

Linear distribution of the intraslab earthquakes in Tokai

*鈴木 貞臣[1]
*Sadaomi Suzuki[1]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東海地域のスラブ内地震については既にMiyoshi and Obara (2010) によって詳しく調べられているが、その後、気象庁による震源データが増えてきたことや、Suzuki et al.(2018)によってそれらの精度良い震源とスラブ構造との関係が調べられたので、今回はそれらの特性の一つである線状配列に注目し調べた．

Figure 1は東海地域で発生した深さ60 km より浅い地震の震源分布である．震源の深さが30kmから50kmの間の地震（黄色-緑色-青色の小子丸）がスラブ内地震と思われる．これらの地震の分布は均一ではなく、図中の破線楕円で示されているように、幾つかの線状または帯状配列がみられる．（ここでは呼名を「線状配列」に統一する）．　線状配列Aとdは東海地域のスラブ内地震の中心をなし、北西-南東に配列している．また、それらの東側に小さな配列eとfがある．　一方、線状配列Bは伊勢湾名古屋港付近から北北東に伸びて、Aと水平面で約70°の角をなしている．さらにその西側に小さな配列cがある．（配列Bとcは三好・小原(2010)が指摘しているものと同じであるかも知れない）．配列の方位差が70°ある２つの線状配列AとBに属する地震のメカニズム解を調べた．配列Aに属する１２個の地震（Group Aと呼ぶ）と配列Bに属する１４８個の地震（Group B）のメカニズム解を比較した．気象庁のデータより得られたそれぞれのGroupごとのＰ軸とＴ軸の方位(azumuth)を調べ、それぞれの平均値をFigure 1に赤矢印（P軸）と青矢印（T軸）で示した．すなわち、Group Aでは、P軸の平均値= 171°と350°、T軸の平均値= 91°と256°であり、Group Bでは、P軸の平均値= 172°と358°、T軸の平均値= 82°と254°であった．その結果、Group AとBとの間に大きな違いがないことが分かった．このことは、Group AとBとの間に起震力の違いがほとんどないことを意味している．つまり線状配列AとBの向き（方位）が違っているのに、地震発生の力学的な違いがないということである．したがって線状配列ができる原因を、その周辺に働く広域応力に帰することはできず、他の原因を考える必要がある．

Figure 2に、東海地域を北北西-南南東に横切る断面に投影したスラブ内地震（黒四角）と深部低周波地震（赤丸）の震源分布とS波トモグラフィ（Nakajima and Hasegawa, 2016)を示した．この図によると、スラブ内地震は海洋性地殻内ではなく、海洋性マントル最上部のS波低速度層に分布していることが分かる．海洋性地殻を中心に分布しているS波低速度層は、海洋性地殻の岩石のP-T pathから推定される脱水反応（例えばAbers et al., 2013）による高間隙水圧層に対応していると推定される．この高間隙水圧によってマントル最上部のスラブ内地震が発生しているとすると、それが線状配列しているということは、高圧な間隙水が海洋性地殻から海洋性マントル最上部に浸み込む際、面的に一様でなく、線状に浸み込んでいるものと考えられる．想像に過ぎないが、フィリッピン海プレートが東海地域の下に沈み込む以前にできていた線状破砕帯のような古傷が海洋性マントル最上部に存在していたのかも知れない．

引用文献

Abers GA, Nakajima J, van Keken PE, Kita S, Hacker BR (2013), Earth Planet Sci Lett, 369–370:178–187
Hirose F, Nakajima J, Hasegawa A (2008), J. Geophys. Res., 113:B09315. doi:10.1029/2007JB005274.
Miyoshi,T. and K. Obara (2010), Earth Planets Space, 62, 949-954.
三好崇之•小原一成(2010)、日本地球惑星科学連合2010年大会、地震活動S-SS013P14.
Nakajima, J., and A. Hasegawa (2016), Nature communications 7, Article number: 13863 (2016), doi:10.1038/ncomms13863, 2016.
Suzuki, S., Okubo, M., Imanishi, K., Takeda, N. (2018) , Geochemistry, Geophysics, Geosytems, 19,.https://doi.org/10.1029/2018GC007479

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スラブ内地震、地震の線状配列、海洋性マントル
Keywords: intraslab earthquakes , linear distribution of earthquakes , oceanic mantle

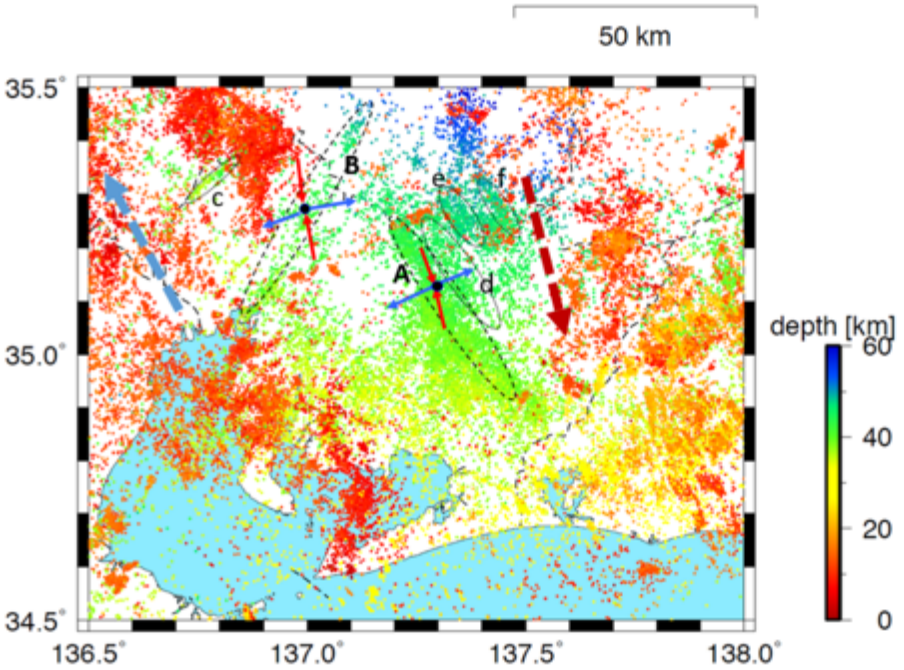


Figure 1. Epicenter map (presented by Osamu Murakami) of the earthquakes shallower than 60 km in the Tokai area occurring from June 2002 to April 2018 (JMA data). Elongated ellipses by broken lines show linear distributions of the intraslab earthquakes. Red and blue allows indicate P-axes and T-axes, respectively. A brown and blue broken lines show the ridge and valley of the slab shape (Hirose et al., 2008), respectively

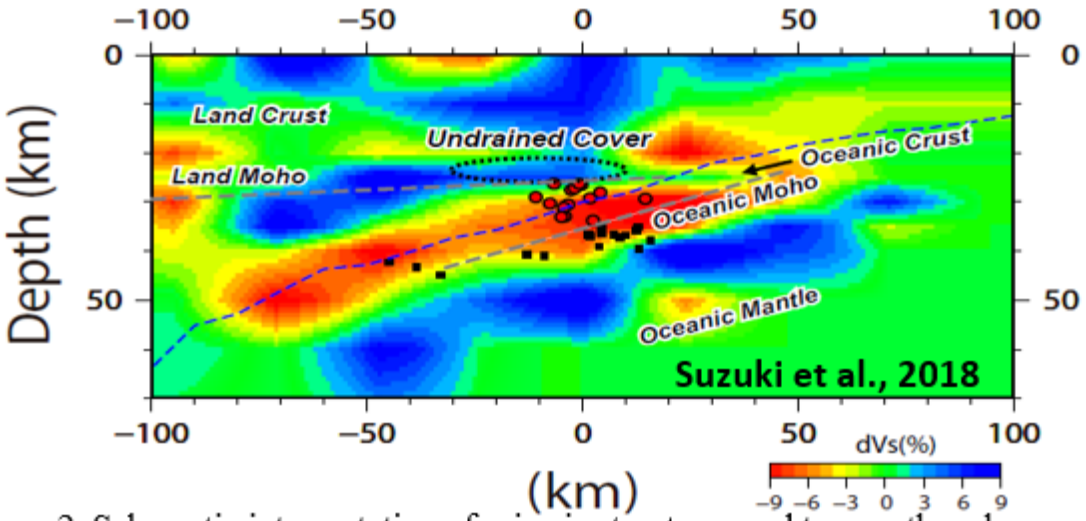


Figure 2. Schematic interpretation of seismic structures and two earthquake groups consisiting of LFEs (red circles) and intraslab earthquakes (black squares) referred from Suzuki et al., 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について
The stress change of Chubu region before and after the 2011 Tohoku-oki Earthquake(Mw9.0)

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1]
*Yuki Susukida[1], Kei Katsumata[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

Great subduction-zone earthquakes occur frequently off coast of the Pacific Ocean in Japan. And the Chubu region (central part of Honshu, Japan) has risk not only subduction-zone earthquake but also inland earthquake. In 1891, Nobi earthquake (M8.0) occurred at Neodani fault system in Chubu region, which is the largest inland earthquake in Japan. (Milne 1893) Furthermore, after Tohoku-oki earthquake, seismicity of northern part of Neodani fault system was activated. (Toda et al, 2011) In this study, I examined effect of Tohoku-oki earthquake on seismicity around the Neodani fault system by inferring of stress change before and after Tohoku-oki earthquake.

At first, I demonstrated the stress field inversion method (Hardebeck & Michael, 2006) by synthetic data to check the performance of this inversion method. As a result, I found that the inversion method will analyze real data well.

Next, I conduct stress field inversion for the joint observation data by eight Universities in Japan and NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience in Japan) in the Chubu region between 2009 and 2013. As a result, I found the stress field in Neodani fault system didn’t change significantly before and after Tohoku-oki earthquake.

キーワード：東北地方太平洋沖地震、内陸地震、根尾谷断層系、応力場インバージョン
Keywords: Tohoku-oki Earthquake, Inland Earthquake, Neodani fault system, stress field inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動
Repeating earthquake activity off Miyagi Prefecture triggered by the 2011 Tohoku-oki earthquake

*津村 建四朗[1]
*Kenshiro Tsumura[1]

1.（公財）地震予知総合研究振興会
1. Association for Developement of Earthquake Prediction

2011年の東北沖地震によって誘発された宮城県沖の著しい繰り返し地震活動について詳しく解析した。 繰り返しの地震の震源は、38°38'N、141°54'Eを中心とした直径約1kmの非常に小さなは範囲の、深さ46～49kmに集中している。繰り返し間隔は、最期には約20日であったが、その後徐々に長くなり、2018年には約100日となった。 地震のマグニチュードは、初期の4.0前後から徐々に小さくなり、2018年には3.4前後となった。この活動について、その繰り返しの規則性に基づいて、中期的な予測が試みたところ、一定の期間については良い結果が得られた。

キーワード：繰り返し地震、東北地方太平洋沖地震、中期的地震予知
Keywords: repeating earthquakes, 2011 Tohoku-oki earthquake, mid-term erathquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

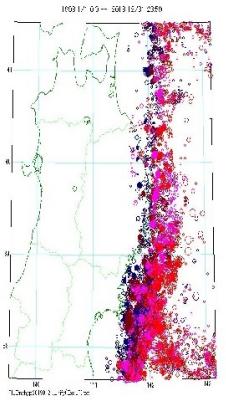


図１．震央分布図

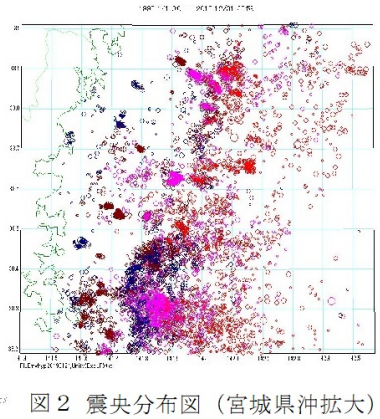


図２ 震央分布図（宮城県沖拡大）

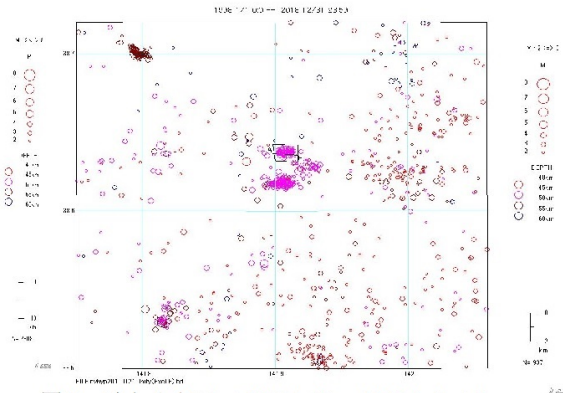


図３．震央分布図（解析対象の付近を拡大）

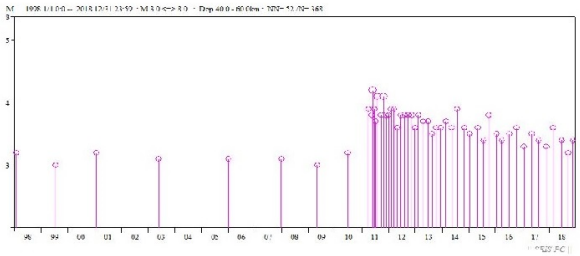


図５． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図

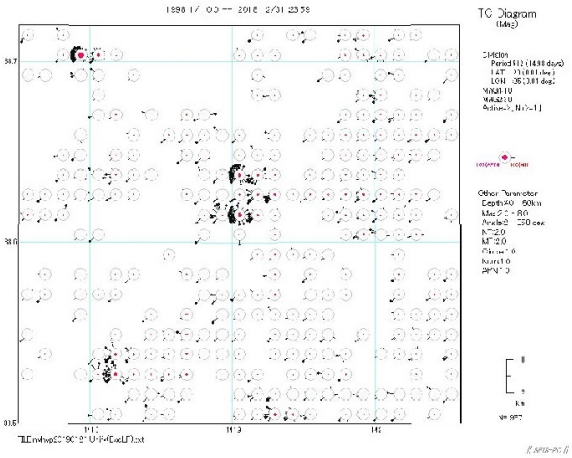


図４ 図3に対応する時間円表示図（TC-M図）

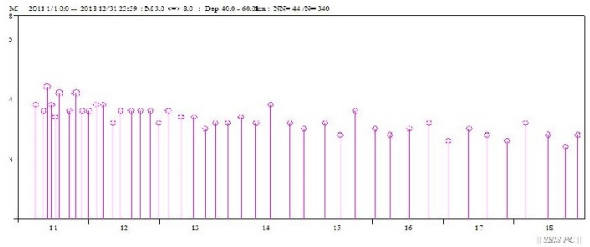


図６． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図（2011年以降を拡大）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

Seismic Moments of Inland Small Earthquakes in Japan: Spectral Analyses Using the Hi-net

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1]
*Tomotake Ueno[1], Tatsuhiko Saito[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震モーメントとモーメントマグニチュードは断層面の大きさとすべり量に関係する物理量であり，地震の規模を示す最も重要な要素の一つである。防災科学技術研究所では，大地震が発生すると，広帯域地震観測網（F-net）や強震観測網（KiK-net/K-NET）の地震記録を用いて，地震モーメントを含む様々な震源要素を計算し，その結果を公開している。一方で，規模の小さな地震に関しては，観測点間隔の広いF-netや，地震計の感度が低いKiK-net/K-NETでは，地震規模の推定が困難である。そのため，おおよそ気象庁マグニチュードM3.5未満の地震については高感度地震観測網（Hi-net）の最大振幅値からの地震マグニチュードのみを推定している。Hi-netは高感度地震計を利用しているために強い震動を励起する地震の地震モーメントを推定することは難しい。しかしながら，地震波の振幅値が小さい小地震については地震モーメントの推定が可能である。そこで，本研究ではHi-net地震記録の最大振幅から推定されている地震マグニチュードが3から4である地震に対して，地震モーメントとモーメントマグニチュードを推定した。

使用したデータは，2013年から2017年の5年間に陸域で発生した深さ20 km以浅の地震とした。ある地震に対して，震央距離が100 km以内の観測点を選び，計器特性を補正したS波記録に対して，到達時の1秒前から10秒間の波形を切り出して，変位スペクトルを計算した。さらに，サイト増幅特性と距離減衰およびS波の減衰を補正し，地震波の平均的な放射特性と媒質のS波速度と密度を仮定して震源スペクトルを推定した。そして，ω^2モデルを仮定して，周波数無限小の振幅値である地震モーメントを推定した。ω^2モデルの推定には，0.1 Hから20 Hzまでのスペクトル振幅に対し，シグナルノイズ比が20倍以上あるデータを用いた。

2017年に防災科学技術研究所のHi-netで検知されたM3-4の陸域の地震は455イベントあり，そのうち90%以上の地震について地震モーメントを推定することができた。2016年を除く他の年についても同様に90%以上の割合で地震モーメントを推定できた。2016年については，熊本地震が発生したために，1分以内に連続して発生した地震（余震）が頻発したため，全体で1730イベントが検知されたが，地震モーメントの推定割合は全体の70%程度となった。5年間のM3.5以上の地震について，F-netのモーメントテンソルインバージョンから求めた地震モーメントと本研究で求めた震源スペクトルによる地震モーメントをモーメントマグニチュードにして比較した結果，Hi-net記録から推定したモーメントマグニチュードは系統的におおよそ0.1程度F-netから推定したモーメントマグニチュードより小さく，また，ばらつきはおよそ0.1程度であった．一方で，Hi-netの最大振幅からもとめた振幅マグニチュードは，F-netのモーメントマグニチュードに比べ系統的に0．06程度大きく，ばらつきの程度は0.2となった。

キーワード：地震モーメント、高感度地震観測網、小地震
Keywords: seismic moment, Hi-net, small earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化
Spatiotemporal variations of stress field in the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) area

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3]
*Dapeng Zhao[1], Zhiteng Yu[2], Jiabiao Li[2], Zhouchuan Huang[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 中国海洋局第二海洋研究所、3. 南京大学地球科学系
1. Department of Geophysics, Tohoku University, 2. State Oceanic Administration, 3. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

Focal mechanism solutions of 349 local crustal earthquakes and stress tensors in central-north Kyushu are determined using a large number of P-wave polarity data and a 3-D velocity model. The obtained tensional ($\sigma 3$) axis trends NNW-SSE or N-S horizontally, and the compressive ($\sigma 1$) axis trends WSW-ENE or E-W. The direction of the $\sigma 3$ axis is consistent with the spreading direction at the Okinawa Trough. The stress field in the 2016 Kumamoto earthquake area is attributed to rollback of the Philippine Sea plate and northward extension of the Okinawa Trough. The orientation of the $\sigma 3$ axis is quite stable, whereas the $\sigma 1$ and $\sigma 2$ axes are distributed in a wide range. With the 3-D velocity model, the principal stress axes can be better determined by inverting a large number of FMSs. Spatial and temporal variations of the stress field are well revealed in the Kumamoto source area. The $\sigma 3$ axis significantly rotated counterclockwise after the M 6.5 foreshock, and rotated clockwise after the M 7.3 mainshock on the Futagawa fault segment. The stress rotation suggests a small magnitude of deviatoric stress in the source area, which indicates a small friction coefficient on the seismogenic faults. In addition, a generally small value of friction (~0.4) on the faults is obtained by the stress inversions, indicating that the faults in the Kumamoto earthquake area are weak. The fault weakening may be caused by the arc magma and fluids ascending from the mantle wedge associated with the dehydration reactions of the subducting Philippine Sea slab.

キーワード：熊本地震、地殻応力、断層メカニズム
Keywords: Kumamoto earthquake, crustal stress, focal mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動
Seismicity and crustal deformation following the 2016 Kumamoto earthquakes

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Jun Izutsu[2], Yoshiaki Orihara[3], Masashi Kamogawa[4], Toshiyasu Nagao[3]

1. 静岡県立大学、2. 中部大学、3. 東海大学、4. 東京学芸大学
1. University of Shizuoka, 2. Chubu University, 3. Tokai University, 4. Tokyo Gakugei University

2016年熊本地震では、マグニチュード*M*7.3の本震と、それに先立つ*M*6クラスの前震(*M*6.5, *M*6.4)、そして多数の*M*5クラスの余震が起きた。これらの地震に関係する布田川断層、日奈久断層では今尚活動は活発である。今後の活動推移の示唆を得る目的で、熊本地震前後の地震活動と地殻変動を調査した。

この研究では、先行研究(Nanjo et al., 2016)を参考にし、グーテンベルグ・リヒター則の*b*値の時空間分布を調べた。余震の活発な期間を除いた、2017年1月から2019年1月までの地震活動に基づく*b*値の空間分布から、前震(*M*6.5, M6.4)の発生場所より南側の日奈久断層沿いで、*b*値の低い地域（130.6-130.8E, 32.5-32.6N）があることがわかった。2000年1月から熊本地震直前までの地震活動に基づく*b*値の空間分布と比較すると(Nanjo et al., 2016)、*b*値が減少した地域があり、その地域と、2017年以降の低*b*値の地域が一致する。2016年以降の*M*>5の地震の空間分布と、2017年以降の地震活動に基づく*b*値の空間分布を比較すると、低*b*値の地域では、*M*>5の地震が起きていない様に見える。

また、GEONETによる熊本地震に伴う地殻変動の先行研究を参考にしながら(例えば、檜山他, 2016)、布田川断層、日奈久断層周辺の基準点の基線変化を調査した(2013年1月から2018年末までの期間、固定局を三隅（島根県）にとる)。その結果、熊本地震の発生した2016年4月にステップ状の変化があり、その後に余効変動が継続している。2017年以降の低*b*値の地域に含まれる基準点「泉」（130.79E , 32.58N）でも同様で、変動が終わりつつあるが未だ継続している様である。従って、地震活動は今後も継続すると考えられる。

日奈久断層沿いに現在*b*値の低い地域があり、唯一そこは熊本地震の発生前と比べて*b*値が減少した地域である。Nanjo et al. (2016)によれば、熊本地震の前震、本震、余震のうちで*M*5以上の地震の多くが、低*b*値の地域で起きていることが分かっている。仮に、熊本地域に関して、*b*値を、将来比較的大きい地震の発生場所を推定する指標とみなすならば、現在の低*b*値の地域は、*M*>5の地震が未だ起きていない空白域の可能性がある。

キーワード：2016年熊本地震、b値、地殻変動
Keywords: 2016 Kumamoto earthquakes, b value, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること
The unique characters of intensity distribution of the 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region in Hokkaido, Japan

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2]
*Ritsuko S. Matsu'ura[1], Hiroto Tanaka[2], Mitsuko Furumura[1], Tsutomu Takahama[2]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2. 株式会社 構造計画研究所
1. Earthquake Research Center, Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Kozo Keikaku Engineering Inc.

2018年9月16日に発生したMw6.6(M_{JMA}6.7)の胆振東部の地震は、深さ35km(F-net CMT解．JMAは深さ37km）で太平洋スラブ内の地震ではないにも関わらず、日高山脈の西側の石狩低地で大きい震度が観測されるとともに、岩手や北海道東部方面には、スラブを伝播したことを示す太平洋岸沿いに広がる異常震域も見られた。この地震で観測された震度と、我々が提案している、表層地盤の影響と震源の物理的なタイプを考慮した地表の計測震度の距離減衰式[Matsu'ura et al. (2018)]とを比較した。その結果、石狩低地等震源の西側で震源距離が100km程度以下の地域では、スラブ内地震と類似する、高い短周期レベル＝高い応力降下量の特徴を示す一方、日高山脈の東側の北海道東部や本州の青森東部、岩手などの太平洋沿岸の観測点では、プレート間地震と同程度で、スラブ内地震よりは弱い異常震域を示していた(図）。

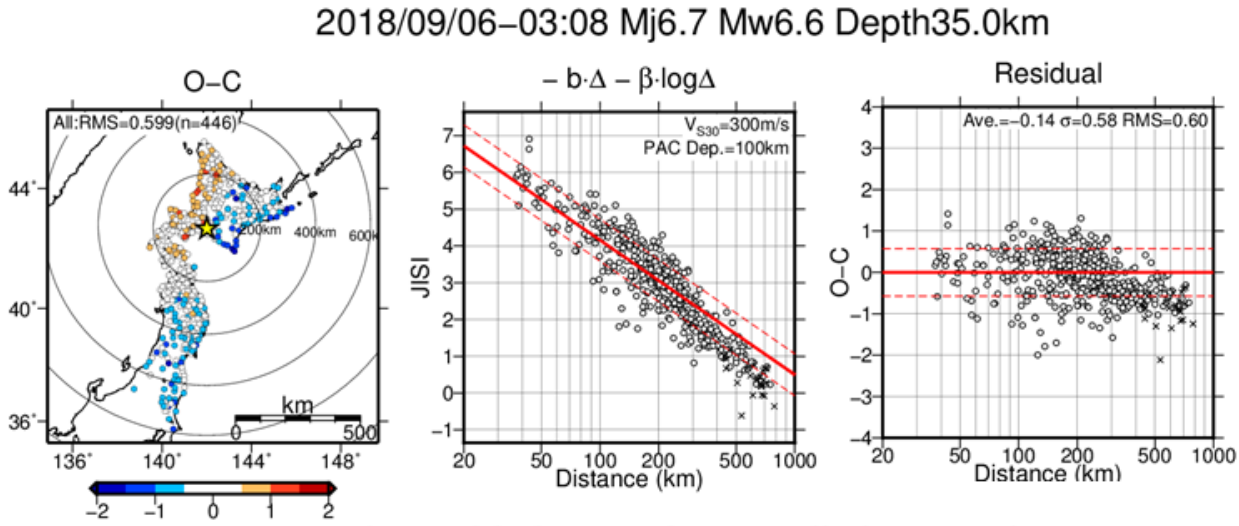
この地震が日高山脈西側にある脆性破壊可能な陸側の浅いマントル内で発生したと考えると、上記特徴を以下のようによく説明できる。やや深い地震で応力降下量が高く、直達波が卓越する石狩低地側で、通常の浅い地殻内地震より広範に大きい震度が観測された。スラブを通じて太平洋沿岸域に生じる異常震域は、スラブ直上に震源があるプレート間地震と同程度に、効率良く高周波が震源からスラブに伝播したことを示しており、震源からスラブまでの物性の不均一度は地殻より格段に低いと推定される。

表層地盤の影響を上手に取り除けて、物理的な震源タイプを考慮した距離減衰式は、震度分布から震源過程を推定する良い手段となる。また、この地震のような深さでの高い短周期レベルは、日高山脈西側のような脆性破壊可能な陸側マントルが存在する領域でだけ考慮すれば良いことになり、下部地殻の脆性破壊リスクを全国一律に考える必要は無い。

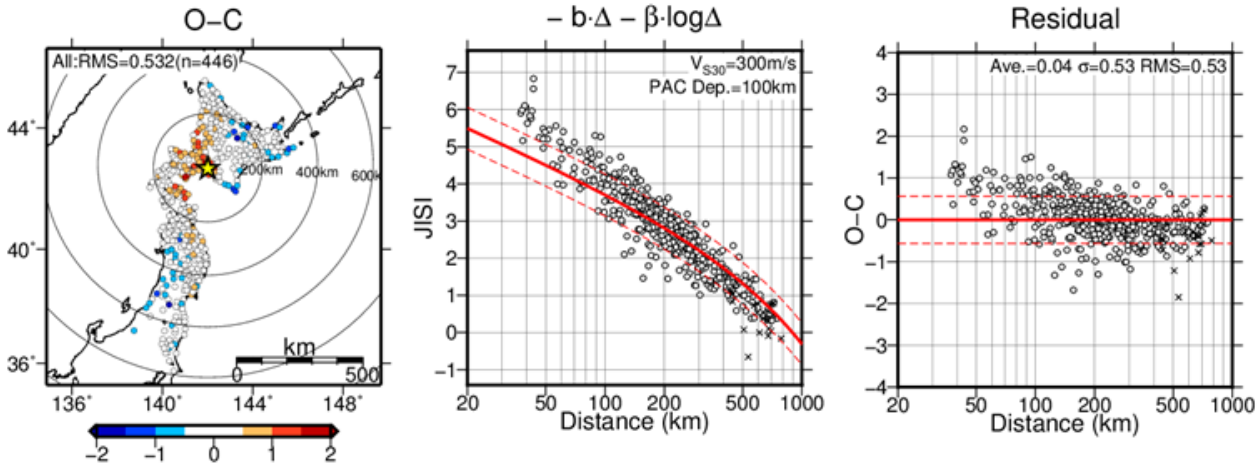
本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：計測震度の距離減衰式、2018年9月6日胆振東部の地震、最上部マントル内の地震
Keywords: Prediction Equation of Japanese Instrumental Intensity, 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region, earthquake in the uppermost mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



comparison with the PAC intra prediction equation



comparison with the PAC inter prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method

*Ade Surya Putra[1], Nanang Tyasbudi Puspito[2], Andri Dian Nugraha[2], Pepen Supendi[3,1]

1. Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 3. Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia

Sumani and Sianok segments are two of the many fault segments in Sumatra Fault Zone (SFZ) that have a considerable history of seismicity and cause significant impacts. An important effort to overcome this problem is the need to analyze tectonic structures in detail through one of them by elaborating an accurate hypocenter location. In this study, we conducted hypocenter determination by using a non-linear approach with the oct-tree importance sampling method through NonLinLoc software by using local velocity components for earthquakes in Sumani and Sianok Segments in the range of 2009-2017. The results of hypocenter determination in this study indicate an improvement in picking arrival time of P and S wave. The increment is denoted by the results of residual picking P and S wave arrival times using oct-tree sampling method that dominant at frequency of 0.1 seconds and there is a correlation between hypocenter location cluster in this study with a location of major earthquakes that have occurred in Sumani and Sianok Segments.

Keywords: Hypocenter, Oct-tree importance sampling, Fault segment, Sumatra Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result

*Faiz Muttaqy[1], Andri Dian Nugraha[2], Nanang Tyasbudi Puspito[2]

1. Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung,
2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung

Central and East Java are part of Sunda Arc which has relatively high seismicity and complex geological system as a result of Indo-Australian plate that subducted under the Eurasian plate. The early stage of seismic tomography study in order to obtain a reliable geometry about the velocity structure beneath the study area is to define the precise earthquake location and 1D seismic velocity model. In this study, we manually picked P- and S-wave arrival time recorded by BMKG network for the time period from January 2009 to September 2017. We determined the hypocenter location around Central and East Java region by using an NLLoc program. We also conducted a velocity inversion using the VELEST program to obtain an updated 1D velocity model in the study area. Afterward, the hypocenters were relocated using the double-difference algorithm and the updated 1D velocity model to improve the accuracy of the hypocenter locations. Our results indicate that the seismicity around Central and East Java is generally distributed in the southern part of the island, such as in the south of Kebumen, Yogyakarta, Pacitan, Malang, and Banyuwangi that associated with the subduction activity. Moreover, the shallow seismicity is probably controlled by the presence of active inland faults, such as Opak Fault and Kendeng Thrust. As further studies, we will determine the focal mechanism of selected events related to the active inland fault in this region and conduct 3D seismic tomography imaging beneath Central and East Java region.

Keywords: Central Java, East Java, Hypocenter Relocation, 1D Velocity Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia

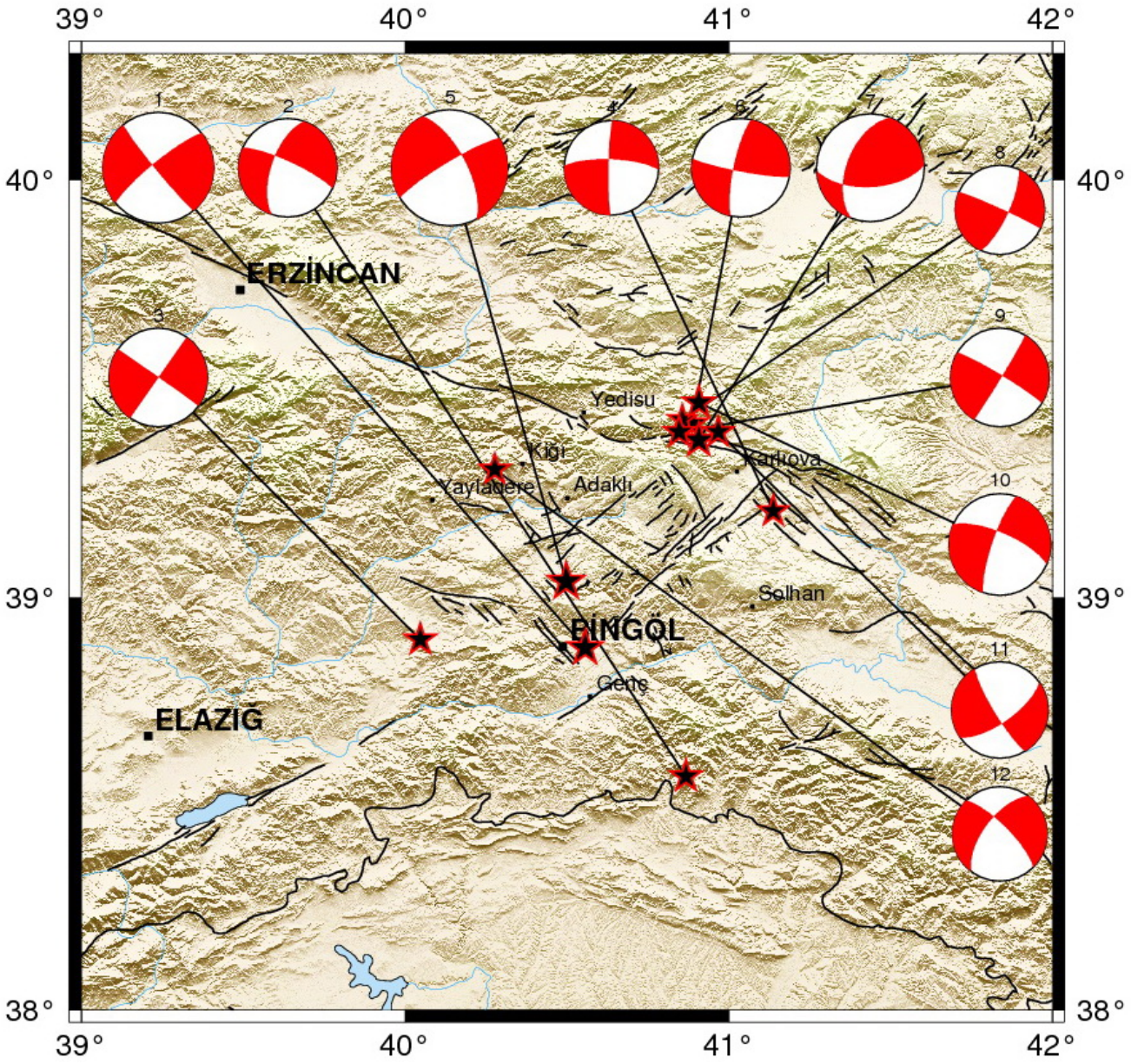
*Dogan Kalafat[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

In this study, Bingöl Earthquakes which have occurred in recent years have been evaluated from seismological point of view. The Eastern Anatolia Region is the most seismologically deformed area of the Anatolian plate and is under compression due to the relative movement of the Arabian and Eurasian plates in general. The Anatolian plate bounded by the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Eastern Anatolian Fault Zones (EAFZ) moves relatively westward. Bingöl Earthquakes are located within the Eastern Anatolian Fault Zone and this fault zone occurs due to the movement of the parts. Bingöl and the surrounding area is the most active regions in Turkey in terms of seismicity. The most important earthquakes in Bingöl during the instrumental period were the 1971 and 2003 earthquakes. Bingöl Fault starts from the south of Bingöl and extends along the Göynuk stream valley. This fault length is about 75 km. which is northern part of the Eastern Anatolian Fault Zone and joins the North Anatolian Fault Zone after passing through the villages of Serpmekaya and Sakaören. During the 1971 Bingöl Earthquake, about 38 km surface rupture occured which it started from Ormanardi to the southeast of Bingöl and extends to the N45ºE degree in the southwestern direction of Goynuk. The observed faults showed a strike-slip and a left lateral movement and the fault plane solutions supported the field observations.
The other important earthquake occurred on May 1, 2003. In this earthquake, 176 citizens were killed and 521 citizens were injured in various places. In particular, public buildings were severely damaged. The episantr area is between the Balikcay village plateau, Hanocayiri-Kurtulus and Sudugunu Plateau. Stepped fractures with NW-SE trending N20-30ºW trending were observed in Hanocayiri, which is one of the closest settlements of earthquake. As a result of earthquake, a great deal of collapses and mud currents were formed due to the effect of groundwater pressure. The fault traces in the region continued on the slopes of the NW-SE trending Kade mountains. Liquefaction, sitting, collapse and faulting samples were seen together in Hanocayiri hamlet. The earthquake caused severe damage, destruction and death in the buildings located on the alluvial terrace of Göynuk Creek in Bingöl province. During the earthquake, the Celtiksuyu Boarding School of Bingöl province was completely destroyed and 84 students died under the rubble. In addition, many public buildings were damaged. The macroseismic epicenter of the earthquake is approximately 12 km. distance between the district of Elcagini-Elmacayiri and Sudugunu plateaus. The area is mountainous and there are no frequent settlements. The nearest settlements are Balikcay, Hanocayiri Village, Elmacayiri village and Kurtulus village. It was observed that the epicenter of Bingöl Earthquake was highly compatible with the NW-SE trending faults. The fault of N-NW, which passes between Kurtulus-Elmacayiri-Hanocayiri and towards the Balikcay-Cimenli villages, was defined as the fault which was broken by the 2003 Bingöl Earthquake. In this study, 12 earthquakes fault plane solutions have given (magnitude Mw> 5.0) between 1971-2015 time period in Bingöl. The fault plane solution of 6 earthquakes was conducted within the scope of the study. The stress analysis shows that the dominant stress axes in the region are dominated by NW-SE directional compression and strike-slip faulting which are characterized by NE-SW extension axes.
The recent earthquakes showed that the ongoing deformation in the region continued with the strike-slip fault systems as the dominant. Structural heavy damages caused by earthquakes were mostly due to poor soil conditions, improper production, low quality and missing materials.

Keywords: Bingöl, East Anatolia, Göynük Stream, Fault Plane, Strike-Slip faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4]
*Yojiro Yamamoto[1], Narumi Takahashi[2,1], Dogan Kalafat[3], Ali Pinar[3], Remzi Polat[3], Zeynep Coskun[3], Haluk Ozener[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 防災科学技術研究所、3. ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. NIED, 3. KOERI, Bogaziti University, 4. Kagawa University

The North Anatolian Fault (NAF) beneath the Marmara Sea is recognized as a seismic gap for M >7 earthquake during more than 100 years. Earthquake hazard and disaster mitigation studies in Marmara region are sensitive to detailed information on fault geometry and its coupling status beneath the Marmara Sea. Although hypocenter distribution could help us to estimate them, it is difficult to obtain precise hypocenter location from only onshore permanent seismic stations. Thus, we have started a series of long-term ocean bottom seismographic (OBS) observations beneath the western and central Marmara Sea since 2014. We have installed 10~15 OBSs along the Main Marmara Fault(MMF) for each observation phases, and observation length is about 10 or 11 months. Based on the first phase observation, conducted from 2014 to 2015, Yamamoto et al. (2017) identified a segment boundary of the MMF beneath the central basin of the Marmara Sea (28.05˚E). Besides, they proposed that the zones of no seismicity within the upper crust appear to indicate locked sections of the MMF.
In this study, we analyze the second (from 2015 to 2016) and third phases (from 2016 to 2017) observation data. The OBS distribution of second phase is same as first phase,whereas that of third phase is about 20 km shifted to eastward relative to first and second phases. The tentative result shows that the feature of hypocenter distribution, including the location of no seismicity zones obtained by Yamamoto et al. (2017), is not changed for all phases, suggesting that the coupling status along the fault is almost same during at least three years. In the west of 28.05˚E, seismicity located not only the upper but also lower crust. On the other hand, the lower limit of the seismogenic zone in the east of 28.05˚E is about 15 km, shallower than the Conrad discontinuity. The largest no seismicity zone extended over the upper crust is located between 28.45˚E and 28.65˚E, where strong coupling is suggested from seafloor geodetic observation (Sakic et al., 2016).
According to the spatial relationship between the epicenter of microearthquakes and fault trace on the sea floor (Armijo et al., 2005) suggests that the MMF around 28.75˚E is near vertical to slightly northward dipping. Since previous study indicates that the east of 28.05˚E MMF is southward dipping (Yamamoto et al., 2017), there might be another segment boundary west of 28.75˚E. We also find an active seismic cluster around 40.8˚N, 28.7˚E, 14 km depth. There is a possibility that this cluster relates to the southern branch of NAF.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、地震活動
Keywords: The North Anatolian Fault, Marmara Sea, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey

*Dogan Kalafat[1], Yavuz Gunes[1], Mehmet Kara[1], Kivanc Kekovali[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

Western Turkey is one of the seismically active region in Turkey. The high seismic activity is a result of the complex tectonic deformation of the Anatolian plate which has been dominated by the N–S extensional tectonic regime in the western edge. In western Turkey, relatively 3 major earthquakes (Mw≧6.0) were identified on the Sultandagi Fault Zone (Afyon-Aksehir Graben) between years of 2000–2002. In this study, mentioned local earthquake activity, have been investigated to understand their nature and relation of the regional seismic activity and tectonic deformation on the Sultandagi Fault Zone (SFZ) in western Turkey. Due to these activities along the SFZ it is decided to monitor microseismic activity (M<2.5) by establishing low-magnitude threshold seismic network. For this purpose, 3 new broadband (BB) seismic stations were temporarily established to control the northern part of the Sultandagi Fault Zone, and the micro-seismicity of the fault zone was started to be observed in July 2017. Thus, the earthquake activity in the region started to be monitored sensitively. So we started to get 2 times more earthquakes than permanent stations in the region. The one of the biggest primary outcome by this study that there is a significant microseismic activity (M<2.5) at the SFZ which was not seen from prior studies and long-term seismicity catalogues from permanent network (M>2.5). At first, we started to analyze the distribution of micro-earthquakes in the region. During the data analysis, it was predicted that some intensive micro-earthquake activity in the project area could be caused by quary-blasting and some locations were visited during the field study. Relocation of common earthquakes recorded by KOERI and the study was carried out, and the earthquake epicenters were displaced approximately as ±0.8–6 km. There were also some positive changes in the depth distribution of earthquakes. Consequently, thanks to the stations established within the scope of the study, horizontal (distance) and vertical error (depth) margins of the events in the region have been reduced. As a result of the evaluation of the data obtained, it was observed that the Sultandagi Fault Zone has especially intense seismic activity in the middle and northwest part. In addition, a significant seismic activity was observed in NW-SE direction at the north of Isparta city .
This research is funded by Bogazici University Research Fund within the scope of Project Number 12280. We thank to Bogazici University Research Fund Commission and members.

Keywords: Sultandagi Fault Zone, Western Turkey, extensional tectonic regime, micro-seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1], Xyoli Pérez Campos[2], Krishna Shri Singh[2]

1. Kyoto University, 2. Geophysics Institute, UNAM

Radiated seismic energy is valuable parameter in seismic source studies, as it can be a good criterion to evaluate earthquakes size but also very useful to analyze the dynamics of the rupture process. Significant large thrust earthquakes have occurred over the last decades at the Mexican, subduction zone, however just a few researches have been done to understand the distribution of seismic energy release in the area. For this purpose, we calculated source spectra to estimate radiated seismic energy of three large earthquakes and their aftershocks (*M* larger than 4.0) in the Guerrero segment of the Mexican subductions zone; the 2012 Ometepec-Pinotepa Nacional (*Mw* 7.5), the 2014 Papanoa (*Mw* 7.2) and the 2018 Pinotepa Nacional (*Mw* 7.2) earthquakes. We found a mean value of the log of radiated seismic energy scaled with the seismic moment (Mo/Es) of -5.05 ±0.25, as well as, regional estimations tend to be higher than the teleseismic estimations by a factor of 1.3 to 6.3. A small dependence of scaled seismic energy with distance from the trench was seen, however distribution of seimsic energy seems to be spatially heterogeneous along the trench. We found four different regions with characteristic behaviors in energy release. One of the regions reveals recurrent low energies with possible slow rupturing close to the trench. Opposingly, high energy seismicity was present, adjacent to the Guerrero gap, which has not had a large earthquake in over 115 years. This suggests that radiated seismic energy can be highly influenced by complexities at the plate interphase, variations on the shear strength and/or coupling at the interface where seismic slip interacts over previous rupture patches.

Keywords: Radiated energy, aftershocks, subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴
Spatial-temporal and seismogram characteristics of foreshock and aftershock activities for tsunami earthquakes

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1]
*Yifeng Liu[1], Yoshihiro Ito[2], Kazuaki Ohta[2], Satoshi Katakami[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institude, Kyoto University

津波地震は短周期マグニチュードに比べて大きな津波をもたらす異常な地震である。それゆえ、沿岸部に住んでいる人があまり揺れを感じず、避難行動につながりにくいため、甚大な津波被害へとつながる可能性が高い。一方津波地震の観測事例は、通常の地震に比べて、その観測事例が少ないため、その発生メカニズムについては未だ明らかではない。本研究では津波地震の発生メカニズムの解明を目的として、過去に発生した３つの津波地震（ニカラグア(1992/09/02, Mw7.7)・ジャワ島(2006/07/17, Mw7.7)・メンタワイ(2010/10/25, Mw7.8)）の前震・余震活動を調べた。さらに津波地震と同様の特徴を示すやや小規模の地震が、前震や余震活動の中に含まれていないか調べた。

はじめに、ISCやUSGSなどで公開されている地震カタログとIRISによる波形の記録を用い、前震並びに余震活動の抽出、または時空間的特徴の評価を行った。ニカラグア本震の発生前には、震央から約10km離れた西側でMb5前後の前震（1992/08/10 06:09:20 Mb 5.2, 1992/08/10 06:34:14 Mb4.7, 1992/08/11 05:23:51 Mb 5.1, 1992/08/13 08:41:17 Mb 4.7）が四つ発生した。ここでは、本震前の三年間の地震カタログ中のイベントを津波地震の震源を中心とした５度*５度の領域を１度刻みで分割し、各セグメントに含まれる地震の活動度を調べた。３つの地域ごとに分析した結果、津波地震の本震域の周辺ではいずれも静穏期が存在していることが分かった。また、ニカラグア地震の余震に関しては、前震と同じセグメントで余震の静穏期が検出された。

ニカラグア地震の本震発生前には、本震の震源域付近の前震活動にマイグレーションが観測された。マイグレーションに含まれているイベントと同領域で発生した余震の波形を、本震の波形と比較した。ここでは、各イベントに対して、表面波とS波の最大振幅の比を求めることでそれらを比較した。その結果、津波地震の本震の値は、表面波とS波の比が圧倒的に高い値を示すのに対して、前震および余震については津波地震と同様の特徴を示していない。これは本震のみが津波地震的な特徴を示す断層運動であるに対し、津波震源域内で発生する小規模な地震は通常の地震と同様の破壊現象であることを示唆する。

キーワード：津波地震、地震活動、波形処理
Keywords: tsunami earthquake, seismic activity, waveform analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

世界の大規模地震の続発性ー実事例と時空間ETASによる比較
Successively occurring large earthquakes in the world –comparison of real cases with expectations by the space-time ETAS

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2]
*Tetsuo Hashimoto[1], Takashi YOKOTA[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 愛知工業大学
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Reaserch Institute, 2. Aichi Institue Technology

政府の防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会において，南海トラフ地震情報が発表される事象の基準作りが行われている．具体的な防災対策の実施のため，どのような現象が対応する事象に該当するのか，その具体的な基準が検討されている．今回は，この検討に資するため，世界の大規模地震の発生について，新たに改訂されたISC-GEM version5.1のデータ(1904－2014年)を用いて解析した．さらに，時空間ETAS(Ogata and Zhaung,2006，尾形,2015)等を用いて，大規模地震発生に係る試算を行ったので，報告する．

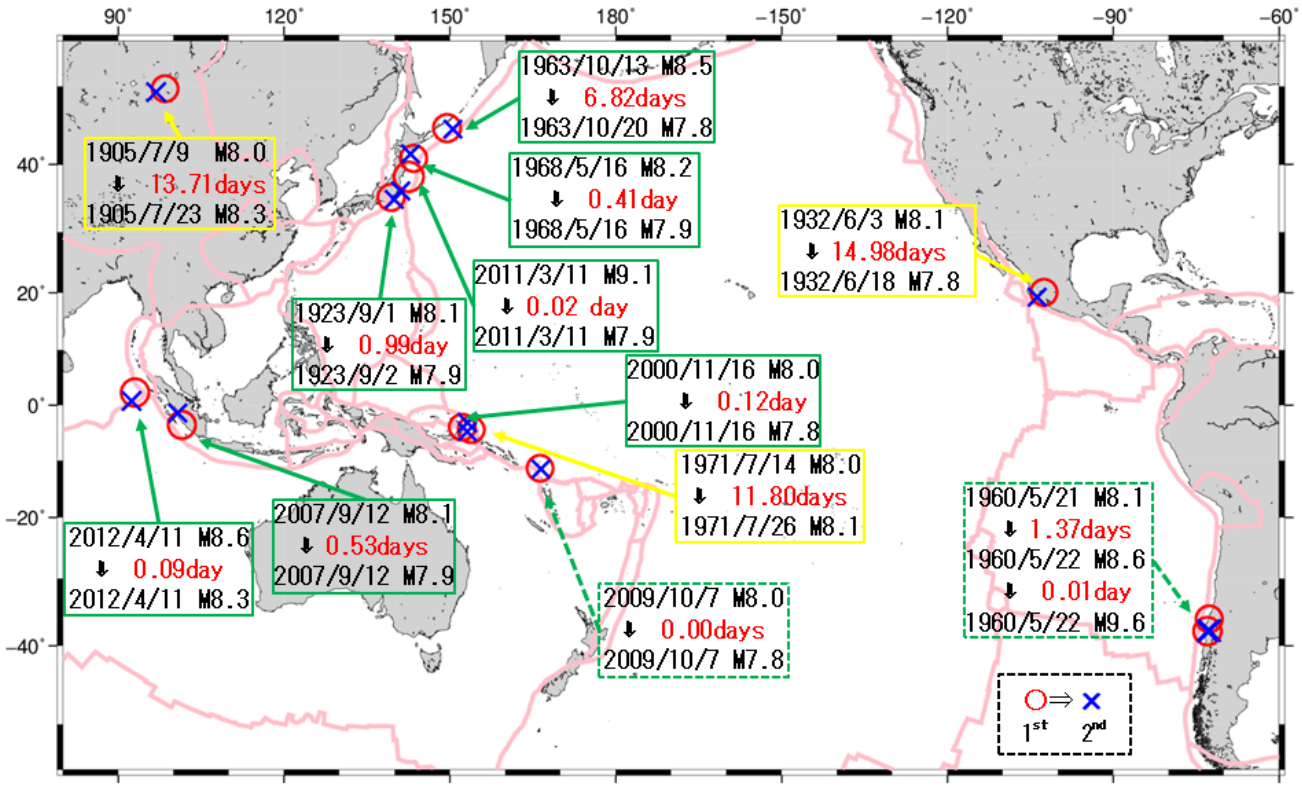
最近100年程度に発生した世界のＭｗ8.0以上の地震は，103事例抽出され，その内，3日以内，7日以内及び30日以内に，周辺500㎞以内の領域で，Ｍｗ7.8以上の地震が続発したのは，それぞれ9事例，10事例，13事例あった．このように地震発生直後に続発する事例が多く，かつ，時間が経過しても，続発が継続することも，再確認できた．

日本周辺域パラメータ(Ogata and Zhaung,2006)および，一元化データから推定したb＝0.92として，時空間ETASでMw8.0以上の世界の地震について震央距離500㎞以内にM7.8以上の地震が3日以内，7日以内及び30日以内に発生する期待値を計算し，和をとると，それぞれ5.3回，6.5回，8.0回となり，期待される発生頻度の値や先行地震からの経過時間に伴う減少傾向は，上述の実事例と概ね整合的であった．

謝辞：ISCのISCGEMver5.1を使わせていただいた．また，気象庁地震火山部地震予知情報課に多大なる協力を得た．

キーワード：南海トラフ地震、大規模地震、続発性、ETAS
Keywords: Nankai trough earthquake, Large earthquake, occurring in succession, ETAS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Epicentral distribution of pairs of the over Mw8 as 1st event(upper) and over Mw7.8 as 2nd event(lower) within 500km of the 1st. Time differences of two events are shown as red (yellow frames are over 7days). Pairs of less 50km of distance are shown as dashed frame. Plate boundaries data from Bird(2003). Map is drawn with GMT.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安定海洋プレートでの地震活動
Seismicity beneath stable oceanic plate

*石原 靖[1]
*Yasushi Ishihara[1]

1. 海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター
1. R&D Center for Earthquake and Tsunami, JAMSTEC

Stable oceanic plate has low seismic activity generally. Real tectonic deformation is also stable? To survey this topics, high quality and long-term observation. Pacific21 broadband seismic network deploys stations in Micronesia area. At present five islands station are under operation. Two of all have already telemetered to our data center via internet connection and transfer to other organization and institute.
In this year new telemeter station (station code: CHUK) is completed successfully. Chuuk (Truk) island locates on old oceanic plate about 900-1,000km southeast of Mariana trench and Guam. CHUK station locates inside deep tunnel made in more than 70 years ago, WWII era. The site condition is fine in basalt mountain, under stable temperature and on rigid floor. We deployed STS-2 broadband sensor in sensor room, high-resolution data logger and stable power supply system. CHUK station will contribute monitor and location of earthquake around Mariana trench and outer rise area.
Though CHUK station locates in small oceanic island and records strong ocean microseism, background noise level is lower level than standard model. CHUK station is excellent site to monitor including small local earthquake. CHUK station operates for about four years. We review continuous data and pick up local regional seismic events. Not only outer rise region but also Chuuk island area and hidden tectonic zone has active seismicity. By trial analysis, depth of these seismic events is beneath 20km. It implies stress concentration in oceanic plate and its deformation.

キーワード：海洋プレート、地震活動
Keywords: oceanic plate, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

Relation between long-term slow slip events and correlation between tidal triggering effect and deep low-frequency earthquakes in Bungo Channel: Part 2

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Akio Kobayashi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

豊後水道では，長期的スロースリップイベント（LSSE）が数年間隔で繰り返し［例えば，Kobayashi, 2017, EPS］，それに同期して深部低周波微動・地震（LFE）が活発化している［Hirose et al., 2010, Science］．微動活動は高い潮汐相関を示すことが指摘されている［Ide, 2010, Nature; Ide & Tanaka, 2014, GRL］が，LFEの潮汐相関の長期的な時間変化に着目した研究はない．

他方，通常の地震活動と潮汐との相関についても精力的に調査されており，大地震前に震源域周辺で相関が高くなり，地震発生後に低下するという報告がある［例えば，Tanaka, 2012, GRL］．さらに，高潮汐相関の先行期間はその後に発生する地震の規模と対応しているとも指摘されている［Tanaka, 2012］．

そこで本研究では，大地震の前後にみられる定常地震活動と潮汐との相関の時間変化の関係が豊後水道で発生しているLSSE前後におけるLFEと潮汐との相関の時間変化にもみられるかに着目して解析を行った．

用いたデータは，2000年1月1日～2018年3月21日に豊後水道直下で発生したLFEで，気象庁一元化震源カタログで低周波フラグが付加されたイベントとした．LFEは通常の地震に比べて震源決定精度が低い．なお，気象庁によるLFEの決定方法が2018年3月22日から切り替わり，そこを境に検知能力が変わっている．長期的な変化をみるには適さないと考え，データ期間から外した．

潮汐が地下の断層に与える影響を推定するために，断層パラメータを設定する必要がある．本解析対象は約15 km四方の狭い領域であるため，プレート形状［Hirose et al., 2008, JGR］と深部超低周波地震のMT解［Ide & Yabe, 2014, GRL］を考慮して，ひとつの断層面（走向237˚，傾斜角16˚，すべり角103˚）を仮定した．震源は一律，解析領域の中心（東経132.254˚, 北緯33.142˚，深さ32 km）で発生したと見做し，発生時間は気象庁カタログ値をそのまま用いた．

震源における理論潮汐応答は，固体地球潮汐と海洋潮汐荷重効果の両方を考慮し，潮汐指標として体積歪ΔV，仮定した断層面上のせん断応力Δτ，法線応力Δσ，及びΔCFF（見掛けの摩擦係数は0.1, 0.4, 0.7）の6成分を解析対象とした．体積歪及び法線応力については膨張・拡張を正，収縮・圧縮を負とした．せん断応力及びΔCFFについては断層すべりを促進する方向を正，抑制する方向を負とした．潮汐位相角は，各時系列についてイベント前及び後の極小値の位相を-180˚及び180˚，極小値間の極大値の位相を0˚とし，その間は等分割した位相と定義した．潮汐位相角に基づき，LFEと潮汐との相関度を*p*値［Schuster, 1897］で評価した．

解析の結果，LFEはΔτの潮汐位相角が0˚（すべりを促進）であるときに発生しやすいことが明らかとなった．これは見掛けの摩擦係数が極めて小さく，間隙水圧が極めて高いことを示唆しており，地震波速度構造から推測される流体の存在［Hirose et al., 2008］とも整合する．解析期間中に，LSSEは3回（2003-2004年，2009-2011年，2014年）発生している．*p*値の時間変化は，これらLSSE前に小さく（潮汐との相関が高く），LSSE後に大きく（潮汐との相関が小さく）なる傾向を示した．この結果は巨大地震前後にみられる背景地震の*p*値の時間変化と類似している．このことから，LFEの潮汐相関はLSSEによる応力場の擾乱と強く関連していることが示唆される．なお，2018年3月時点での*p*値は，これまでのLSSE発生前の水準まで低下している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球潮汐、p値、深部低周波地震、長期的スロースリップイベント、豊後水道
Keywords: Earth tide, Schuster's p value, Low frequency event, Long-term slow slip event, Bungo Channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた初動読み取りと震源決定
Arrival-time and hypocenter determination using S-net

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Tomomi Okada[1], Ryota Takagi[1], Takashi NAKAYAMA[1], Syuichi Suzuki[1], Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Keisuke Yoshida[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

Hypocenter distribution is basic information for understanding seismogenesis.

For east off Honshu from Hokkaido, Tohoku, Kanto, S-net has been deployed by NIED. S-net is expected to improve accuracy of hypocenter location. In this study, we show a preliminary result of hypocenter determination using S-net and onshore stations.

We used hypomh (Hirata and Matsu’ura (1984)) with seismic velocity structure of Hasegawa et al. (1978). In our case, we used waveform converted to vertical, north-south, east-west components by Takagi et al. (this meeting).

For the earthquake near coast line, we can determine reliable hypocenter location, which is correspond to the location determined by F-net CMT or AQUA catalog. However, large travel time residuals over 3 seconds earlier are estimated for distant stations including the stations east of trench. This would mainly be due to the high velocity Pacific plate (e.g., Toyokuni et al., this meeting). To improve the velocity structure and use station correction are necessary for further study.

Acknowledgements: We used S-net, Hi-net and stations by universities (Hokkaido, Hirosaki, Tokyo and others), Aomori and Tokyo Pref., ADEP (Association for the development of earthquake prediction) and JMA. Profs. Matsuzawa, Zhao, Umino and Hasegawa and Mr. Hirahara give us valuable suggestions.

キーワード：S-net
Keywords: S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

Focal mechanisms of the double seismic zone in the Pacific plate, off Boso: Temporal change after the 2011 Tohoku EQ

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10]
*Guanyu Chen[1], Toshinori Sato[2], Tomoharu Sato[1], Asami Terada, Masanao Shinohara[3], Kimihiro Mochizuki[3], Tomoaki Yamada[3], Kenji Uehira[4], Takashi Shimbo[5], Shuichi Kodaira[5], Yuya Machida[5], Ryota Hino[6], Ryosuke Azuma[6], Yoshio Murai[7], Yoshihiro Ito[8], Hiroshi Yakiwara[9], Kenji Hirata[4], Akinori Hashima[3], Andrew M. Freed[10]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 東京大学地震研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 海洋研究開発機構、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 北海道大学大学院理学研究院、8. 京都大学防災研究所、9. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10. Purdue University
1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 8. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 10. Purdue University

1.はじめに

房総沖では、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、太平洋プレート内に二重深発地震面が明瞭にみられる（例えば寺田・他、JpGU2016）。佐藤・他（JpGU, 2018）は陸上観測と海底地震計観測のデータを用いて、2011年東北地震前後での二重深発地震の発震機構を調べたところ、下面の発震機構が地震前は沈み込む方向に伸長が卓越していたが、地震後3か月は圧縮になっていたことを発見した。本研究は、下面の発震機構が東北地震後、時間とともにどう変化したかについて、地震後1年間のデータを用いて議論する。

2.データと解析方法

使用データは、Hi-netの波形データと東北地震後の海底地震計を用いた余震観測（2011/3/15-2012/3/31）である。寺田・他によって再決定された地震のうち、太平洋プレート内の二重深発地震面にある地震を抜き出し、P波の押し引きを検測した。寺田・他が決定した3次元地震波速度構造から射出方向、射出角を求め、グリッドサーチで最適な発震機構を求めた。

3.結果

東北地震後1年間では、二重深発地震面上面は沈み込む方向に圧縮が卓越する地震が多くみられた。これに対し下面では、7月までは圧縮が卓越する地震がほとんどであったが、9月以降は、沈み込む方向に伸長する地震が多数となった。これは、東北地震によって太平洋プレートが浅部で下方に動いたため、この二重深発地震面がある深さでは太平洋プレート内が地震後は圧縮になったが、その後、この応力が半年ほどで緩和したことを示している。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では、防災科学技術研究所のHi-netの波形データを使用させて頂きました。海域観測に関して、2011年東北地方太平洋沖地震余震観測での各航海における船長と乗組員の方々の協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

キーワード：二重深発地震面、発震機構の時間変化、太平洋プレート、房総沖、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Double seismic zone, temporal change of focal mechanism, the Pacific plate, off the Boso Peninsula, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6]
*Yukihiro Nakatani[1], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Reiji Kobayashi[2], Hiroki Miyamachi[2], Shigeru Nakao[2], Kazunari Uchida[3], Takeshi Matsushima[3], Hiroshi Shimizu[3], Kazuo Nakahigashi[4], Yusuke Yamashita[5], Hideji Abe[6], Tomoaki Yamada[6], Masanao Shinohara[6]

1. 鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東京海洋大学、5. 京都大学防災研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 6. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

The Ryukyu Trench subduction zone is seismically active region. In the northern part of the Nansei Islands, both seismic and aseismic events have occurred along the subducting plate interface. Spatial distribution of small local earthquakes in this region seems to show some seismic clusters and gaps. Short-term slow slip events and shallow low-frequency tremors have been also observed by recent onshore seismic and geodetic data. However, patterns of their slip behavior and spatiotemporal relationship between regular and slow earthquakes are less well understood because seismic stations are located only at the islands that are linearly arranged; at least 100 km away from the Ryukyu Trench.
We have therefore conducted repeating long-term ocean bottom seismographic observation off the northern part of the Nansei Islands since 2014. First, we deployed three pop-up type ocean bottom seismometers (OBSs) in April 2014. Then, three more OBSs were added to the network in July 2015, and after that deployment and retrieval of OBSs at the same position have been repeatedly carried out every about one year. The station interval is about 40–60 km.
In this study, we focus on regular local earthquakes, particularly seismic clusters beneath the central part of the observation network. In order to obtain key properties of the clusters and to detect missing earthquakes, we apply a matched-filter technique to OBS continuous waveform data. As template event waveforms, we select events determined by Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University. The hypocenters of the template events are relocated by merging manual pick data of P phases and S phases recorded on the OBSs with those on the onshore stations. As a preliminary result, we achieve detection of missing earthquakes using example template events and a threshold rule based on the median absolute deviation of the mean correlation coefficient. In this presentation, we further discuss the characteristics of waveform similarity of the OBS data.

Acknowledgements: This work is supported by Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program, the MEXT of Japan and by ERI JURP.

キーワード：OBS observation、the Ryukyu Trench、similar earthquakes
Keywords: OBS observation, the Ryukyu Trench, similar earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴
Seismicity and crustal structure in the Okinawa Trough

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2]
*Azusa Nishizawa[1], Takeshi Kimura[1], Kentaro Kaneda[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Coast Guard

沖縄トラフは，南西諸島（島弧）の背弧にあたり，フィリピン海プレートの沈み込みに起因して島弧地殻が伸張しつつある，日本列島周辺でも非常にユニークな海盆である．プレート沈み込み帯にあたる南西諸島（琉球）海溝では，観測された巨大地震数は少なく，プレート間の固着が小さいと考えられてきたこともあり，十分な観測が行われてこなかった．一方で沖縄トラフを含む南西諸島域で起こる地震については，観測点が弧状に点在する陸域に限られることもあり，精密な震源分布を得ることは困難である．

これまでの地震観測結果によれば，沖縄トラフ内の地震活動が局所的に分布していることが示されている．最近，海上保安庁によりトラフ全体にわたって詳細な地殻構造モデルが提出されたので，トラフの浅部地震活動の特徴を知るために，地震発生域と地震学的構造との関連について調べた．その結果，トラフの地殻内地震の活発な領域は構造の不均質性の大きなところに対応しており，例えば，これまでに地震活動がほとんどなかった海域で発生した2015年11月14日の薩摩半島西方沖地震（*M*7.1）とその余震活動は，沖縄トラフの北西縁の地殻がトラフ下よりも薄い領域に集中していることがわかった．これらの地震は横ずれ断層と正断層の発震機構解を持つがいずれも張力軸は北西－南東方向であり，この領域が現在のリフティング活動域であることを示した．

沖縄トラフの地殻内地震でこれまでに記録された最大のものは1938年6月10日の宮古島北西沖地震（*M* 7.2，*Ms*7.7）であり，1.5 mの津波が宮古島で観測された．この地震の震央は，トラフ内で最も深い水深を有する八重山海底地溝の北方延長部が陸的構造をもつ宮古海山に接する構造の不連続性の大きなところに推定されている．また2007年4月20日には同地域周辺で*M*6.7の地震を含む*M*6以上の地震が3回観測されるなど活発な活動が見られた．これらの地震の震央域は宮古海山北部の宮古海底地溝付近の地震反射断面図で正断層が多くみられるところに対応している．防災科研F-netの発震機構（モーメントテンソル解）によれば張力軸は北北西ー南南東方向で宮古海底地溝の走向に直交であり，宮古海底地溝に沿ってリフティング活動が集中していることを示唆する．しかしながら，この領域ではF-netのモーメントテンソル解カタログのデータの震源位置とグローバルCMT震源位置は最大20 km程度のずれがあり，沖縄トラフ内でも特に震源決定精度の悪い領域で，正確な位置の特定は難しい．

一方，速度構造調査の結果は，沖縄トラフは背弧拡大により形成された四国海盆における厚さ5-7 kmの薄い海洋性地殻とは異なり，より厚い島弧地殻を持っていることを示している．それは，例えば海洋地殻が形成されつつある中央海嶺軸付近よりも地震発生層が厚く，より大きな地震を起こす可能性があることを意味する．今後は，沖縄トラフで発生する地震や津波の予測について，さらには南西諸島海溝や隣接する南海トラフの巨大地震発生との関連についても，慎重に検討する必要があろう．

キーワード：沖縄トラフ、地震活動、地震学的構造
Keywords: Okinawa Trough, seismic activity, marine seismics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

Time series analyses of the seismic activities in southwestern Japanese Island to southeastern Korean Peninsula excited by the deep fluid heat flow

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Education, Arts and Sciences, Yamagata University

１．はじめに

2016年4月14日22時26分頃，熊本県中央部の深さ11kmを震源とする気象庁マグニチュードMj6.5の地震が発生した．その約1時間半後の15日00時03分頃にMj6.4の地震が，さらにその25時間後の16日01時25分にMj7.3の地震が発生した．これらの一連の地震は平成28年（2016年）熊本地震（気象庁，2016；以下，熊本地震）とよばれ，震央に近い益城町をはじめ，人的被害を含む構造物等の大規模な被害被害が発生した．この地震の発生の半年前から直前まで，沖縄トラフ北西部において，北東南西方向の伸びを示す，後の熊本地震と同規模の余震域をもつ一連の地震が起こっている．その後，半年～１年間の間に，朝鮮半島南東部，鳥取県中部と立て続けに被害地震が発生している．筆者は，これらの地震について，震源の詳細な時空間的解析の結果，およびその西南日本における時空間的位置づけを検討した結果，これらの地震の発生には深部流体が大きく寄与していることが明らかになったので報告する．なお，本報告中で使用した震源データは，すべて，気象庁一元化処理データを使用した．

２．西南日本の大規模浅発地震の時空分布

近年，近畿地方以西の日本列島周辺で発生した，被害をもたらすような大規模浅発地震は，少なくとも2015年11月以降，次のように列挙することができる．すなわち，

① 2015年11月15日 沖縄トラフ北西縁の地震 北緯31.33050°，東経128.71733°，深さ9.4km，M5.9．
前日（11月14日）にM5.1の前震，2016年5月7日にM5.5の最大余震．
② 2016年4月16日 平成28年2016年熊本地震 北緯32.75450° 東経130.76300°, 深さ12.45km，M7.3．
2日前の4月14日にM6.5，1日前の4月15日にM6.4の前震，2016年4月16日にM5.9の最大余震．
③ 2016年9月12日 朝鮮半島南東部の地震（慶州地震）北緯35.79817° 東経129.27167°，深さ36.0km，M5.8．
本震の40分前にM5.2の前震．1年後の2017年11月15日にはM5.2，さらにその3ヶ月後にはM4.8の地震．
④ 2016年10月21日 鳥取県中部の地震 北緯35.38050° 東経133.85617°，深さ10.61km，M6.6．
低周波地震からなる前震群，低周波地震を含む余震群．（10月26日には島根県西部において2個の低周波地震）
⑤ 2017年11月15日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.19584° 東経129.39417°，深さ11.0km，M5.6．
⑥ 2018年02月11日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.09883° 東経129.45700°，深さ4.0km，M4.6．
⑦ 2018年4月9日 島根県西部の地震 北緯35.18467° 東経132.58667°，深さ12.13km，M6.1．
⑧ 2018年6月18日 大阪府北部地震 北緯34.84433° 東経135.62167°，深さ12.98km，M6.1．
である．

３．西南日本における大規模浅発地震の連鎖

以上の地震について，その位置に注目してみると，①～④，⑤～⑧は，それぞれ震央が西から東へと移り変

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

わる一連の位置の変化が認められる．

その中で，① 沖縄トラフ北西縁の地震と② 2016年熊本地震との関係をみると，①の地震群の，発生個数・規模の両方が急激に減衰して空白が生じた直後に，その北東側に② 2016年熊本地震が発生しており，両者には密接な関係があるものということができる．

③ 朝鮮半島南東部の地震は，⑤の地震も含め，深部から浅部へと余震域が移動するとともに，横方向にも位置を変えている（Fig.1）．このような震源域の面的な広がりを持たない線状の移動軌跡は，地震の発生に流体が関与している可能性が高いことを示唆している．

④ 鳥取県中部地震では，低周波地震が前震や余震の地震群の多くをなしている．また，③ 朝鮮半島南東部の地震と同様，震源は，深部から浅部へ位置を変えている．このような一連の鳥取県中部地震は，活発な熱流体の活動によってもたらされたと考えられる．このことから，同様な震源の位置変化の特徴を持ち，長いスパンでの一定の範囲内で活動をおこなっている朝鮮半島南東部の地震も，同様な要因でもたらされていると考えることができる．

従って，このような個々に熱流体によってもたらされたと考えられる地震群を含む西から東への震央位置の変化を示す①～④と⑤～⑧の一連の地震群は，西から東への熱エネルギーの移送（Tsunoda　et al., 2013）によってもたらされた可能性を示している．

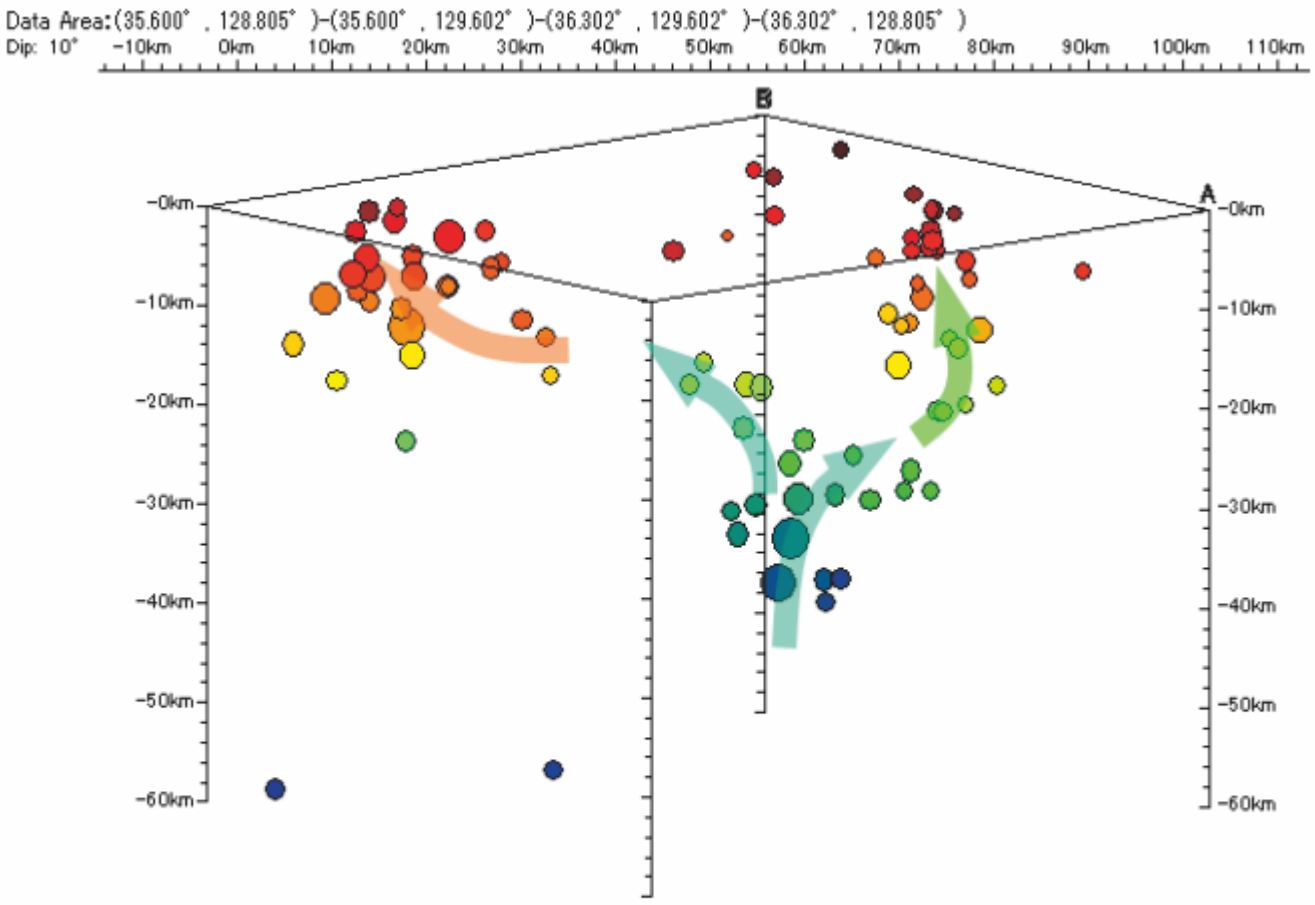
文　献

気象庁, 2016, 平成28年（2016年）熊本地震．災害時自然現象報告書 2016年第1号，230p., 気象庁.

Tsunoda, F., Choi, D.R. and Kawabe, T., 2013. Thermal energy transmigration and fluctuation. NCGT Journal, v.1, p.65-80.

キーワード：地震活動の時系列解析、深部熱流体、日本列島南西部
Keywords: time series analyses of seismic activities, deep fluid heat flow, southwestern Japanese Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Current: (84/84) 2018/02/18 03:34:27.06 M3.0
断面線: N41.0° E
2016/09/11 00:00:00 - 2018/03/01 00:00:00.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

Integrated monitoring of seismicity in and around the Suruga Bay using Ocean Bottom Seismometers and inland stations.

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4]
*Yannis Panayotopoulos[1], Hisatoshi Baba[2], Takahito Nishimiya[3], Taiyo Sotani[4], Nakao Nagisa[4]

1. 地震予知総合研究振興会、2. 東海大学海洋学部海洋地球科学、3. 気象庁気象研究所、4. 東海大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 4. Tokai University

伊豆半島の西側,駿河湾の中央部を南北にのびる駿河トラフは東海地震の想定震源域とされている（例：石橋、1981）．さらに,この地域の北方に分布する富士川河口断層帯はフィリピン海プレートと日本弧付加体の陸上境界と考えられている（例：山崎、1992）．

2009年8月「静岡沖の地震（M6.5）」と2011年8月「駿河湾南西部の地震（M6.2）」の発生を契機に，東海大と気象研（MRI）は駿河湾石花海（せのうみ）周辺海域で，自己浮上型海底地震計（OBS）を用いた海底地震観測を開始した（例えば，馬塲ほか，2015）． さらに2018年からは東海大と気象研（MRI）の観測点4点に地震予知総合研究振興会（ADEP）2点を追加し，駿河湾内で発生する詳細な地震活動に関する調査を継続中である．

本研究では,上述の2009年と2011年に発生した地震の余震活動と思われる駿河湾内に発生している群発地震活動について，OBS観測網と陸上基盤観測網のデータを併合処理した結果について報告する．

キーワード：駿河湾、群発地震、地震活動
Keywords: Suruga bay, Earthquake cluster, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東海地域スラブ内地震の線状配列

Linear distribution of the intraslab earthquakes in Tokai

*鈴木 貞臣[1]
*Sadaomi Suzuki[1]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東海地域のスラブ内地震については既にMiyoshi and Obara (2010) によって詳しく調べられているが、その後、気象庁による震源データが増えてきたことや、Suzuki et al.(2018)によってそれらの精度良い震源とスラブ構造との関係が調べられたので、今回はそれらの特性の一つである線状配列に注目し調べた．

Figure 1は東海地域で発生した深さ60 km より浅い地震の震源分布である．震源の深さが30kmから50kmの間の地震（黄色-緑色-青色の小子丸）がスラブ内地震と思われる．これらの地震の分布は均一ではなく、図中の破線楕円で示されているように、幾つかの線状または帯状配列がみられる．（ここでは呼名を「線状配列」に統一する）．　線状配列Aとdは東海地域のスラブ内地震の中心をなし、北西-南東に配列している．また、それらの東側に小さな配列eとfがある．　一方、線状配列Bは伊勢湾名古屋港付近から北北東に伸びて、Aと水平面で約70°の角をなしている．さらにその西側に小さな配列cがある．（配列Bとcは三好・小原(2010)が指摘しているものと同じであるかも知れない）．配列の方位差が70°ある２つの線状配列AとBに属する地震のメカニズム解を調べた．配列Aに属する１２個の地震（Group Aと呼ぶ）と配列Bに属する１４８個の地震（Group B）のメカニズム解を比較した．気象庁のデータより得られたそれぞれのGroupごとのＰ軸とＴ軸の方位(azumuth)を調べ、それぞれの平均値をFigure 1に赤矢印（P軸）と青矢印（T軸）で示した．すなわち、Group Aでは、P軸の平均値= 171°と350°、T軸の平均値= 91°と256°であり、Group Bでは、P軸の平均値= 172°と358°、T軸の平均値= 82°と254°であった．その結果、Group AとBとの間に大きな違いがないことが分かった．このことは、Group AとBとの間に起震力の違いがほとんどないことを意味している．つまり線状配列AとBの向き（方位）が違っているのに、地震発生の力学的な違いがないということである．したがって線状配列ができる原因を、その周辺に働く広域応力に帰することはできず、他の原因を考える必要がある．

Figure 2に、東海地域を北北西-南南東に横切る断面に投影したスラブ内地震（黒四角）と深部低周波地震（赤丸）の震源分布とS波トモグラフィ（Nakajima and Hasegawa, 2016)を示した．この図によると、スラブ内地震は海洋性地殻内ではなく、海洋性マントル最上部のS波低速度層に分布していることが分かる．海洋性地殻を中心に分布しているS波低速度層は、海洋性地殻の岩石のP-T pathから推定される脱水反応（例えばAbers et al., 2013）による高間隙水圧層に対応していると推定される．この高間隙水圧によってマントル最上部のスラブ内地震が発生しているとすると、それが線状配列しているということは、高圧な間隙水が海洋性地殻から海洋性マントル最上部に浸み込む際、面的に一様でなく、線状に浸み込んでいるものと考えられる．想像に過ぎないが、フィリッピン海プレートが東海地域の下に沈み込む以前にできていた線状破砕帯のような古傷が海洋性マントル最上部に存在していたのかも知れない．

引用文献

Abers GA, Nakajima J, van Keken PE, Kita S, Hacker BR (2013), Earth Planet Sci Lett, 369–370:178–187
Hirose F, Nakajima J, Hasegawa A (2008), J. Geophys. Res., 113:B09315. doi:10.1029/2007JB005274.
Miyoshi,T. and K. Obara (2010), Earth Planets Space, 62, 949-954.
三好崇之•小原一成(2010)、日本地球惑星科学連合2010年大会、地震活動S-SS013P14.
Nakajima, J., and A. Hasegawa (2016), Nature communications 7, Article number: 13863 (2016), doi:10.1038/ncomms13863, 2016.
Suzuki, S., Okubo, M., Imanishi, K., Takeda, N. (2018) , Geochemistry, Geophysics, Geosytems, 19,.https://doi.org/10.1029/2018GC007479

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スラブ内地震、地震の線状配列、海洋性マントル
Keywords: intraslab earthquakes , linear distribution of earthquakes , oceanic mantle

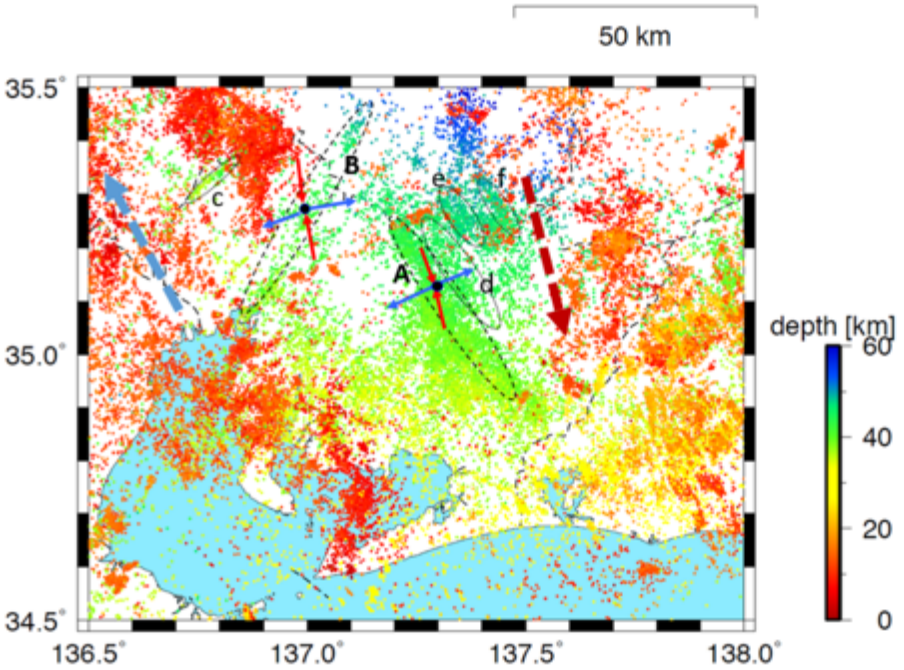


Figure 1. Epicenter map (presented by Osamu Murakami) of the earthquakes shallower than 60 km in the Tokai area occurring from June 2002 to April 2018 (JMA data). Elongated ellipses by broken lines show linear distributions of the intraslab earthquakes. Red and blue allows indicate P-axes and T-axes, respectively. A brown and blue broken lines show the ridge and valley of the slab shape (Hirose et al., 2008), respectively

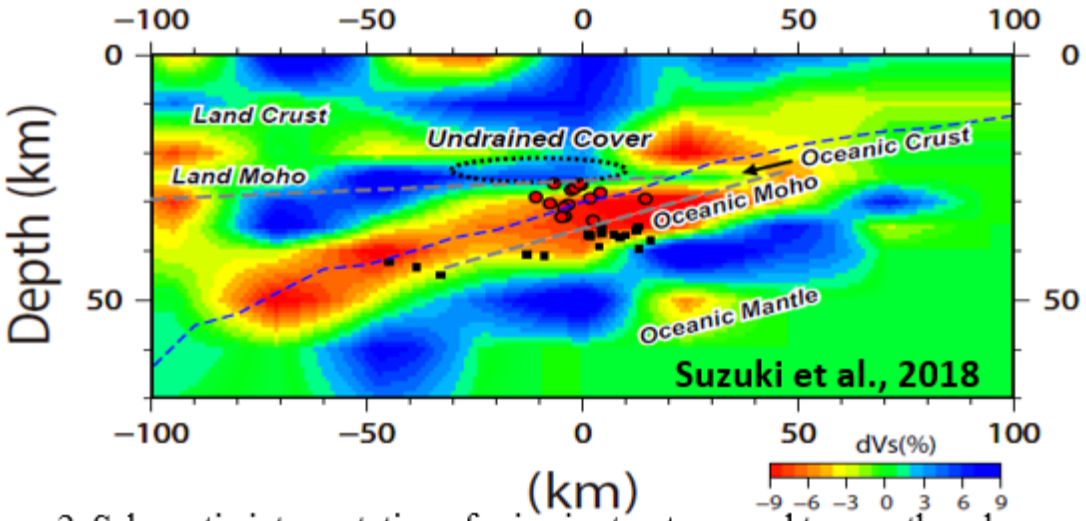


Figure 2. Schematic interpretation of seismic structures and two earthquake groups consisiting of LFEs (red circles) and intraslab earthquakes (black squares) referred from Suzuki et al., 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について
The stress change of Chubu region before and after the 2011 Tohoku-oki Earthquake(Mw9.0)

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1]
*Yuki Susukida[1], Kei Katsumata[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

Great subduction-zone earthquakes occur frequently off coast of the Pacific Ocean in Japan. And the Chubu region (central part of Honshu, Japan) has risk not only subduction-zone earthquake but also inland earthquake. In 1891, Nobi earthquake (M8.0) occurred at Neodani fault system in Chubu region, which is the largest inland earthquake in Japan. (Milne 1893) Furthermore, after Tohoku-oki earthquake, seismicity of northern part of Neodani fault system was activated. (Toda et al, 2011) In this study, I examined effect of Tohoku-oki earthquake on seismicity around the Neodani fault system by inferring of stress change before and after Tohoku-oki earthquake.

At first, I demonstrated the stress field inversion method (Hardebeck & Michael, 2006) by synthetic data to check the performance of this inversion method. As a result, I found that the inversion method will analyze real data well.

Next, I conduct stress field inversion for the joint observation data by eight Universities in Japan and NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience in Japan) in the Chubu region between 2009 and 2013. As a result, I found the stress field in Neodani fault system didn’t change significantly before and after Tohoku-oki earthquake.

キーワード：東北地方太平洋沖地震、内陸地震、根尾谷断層系、応力場インバージョン
Keywords: Tohoku-oki Earthquake, Inland Earthquake, Neodani fault system, stress field inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動
Repeating earthquake activity off Miyagi Prefecture triggered by the 2011 Tohoku-oki earthquake

*津村 建四朗[1]
*Kenshiro Tsumura[1]

1.（公財）地震予知総合研究振興会
1. Association for Developement of Earthquake Prediction

2011年の東北沖地震によって誘発された宮城県沖の著しい繰り返し地震活動について詳しく解析した。 繰り返しの地震の震源は、38°38'N、141°54'Eを中心とした直径約1kmの非常に小さなは範囲の、深さ46～49kmに集中している。繰り返し間隔は、最期には約20日であったが、その後徐々に長くなり、2018年には約100日となった。 地震のマグニチュードは、初期の4.0前後から徐々に小さくなり、2018年には3.4前後となった。この活動について、その繰り返しの規則性に基づいて、中期的な予測が試みたところ、一定の期間については良い結果が得られた。

キーワード：繰り返し地震、東北地方太平洋沖地震、中期的地震予知
Keywords: repeating earthquakes, 2011 Tohoku-oki earthquake, mid-term erathquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

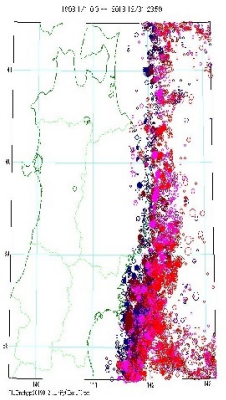


図１．震央分布図

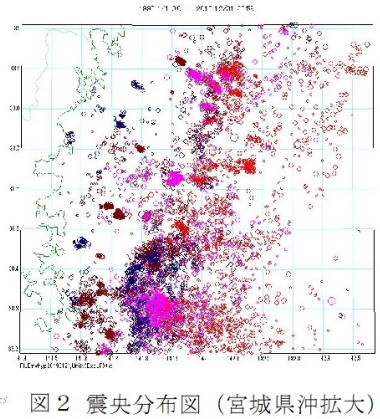


図２ 震央分布図（宮城県沖拡大）

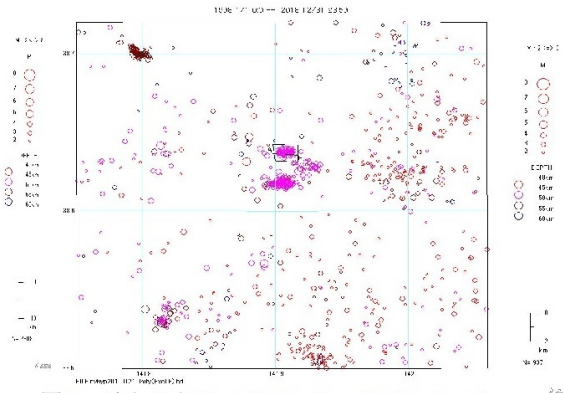


図３．震央分布図（解析対象の付近を拡大）

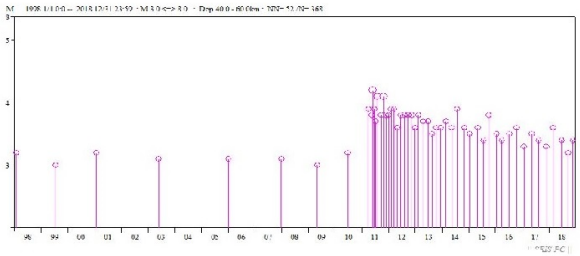


図５． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図

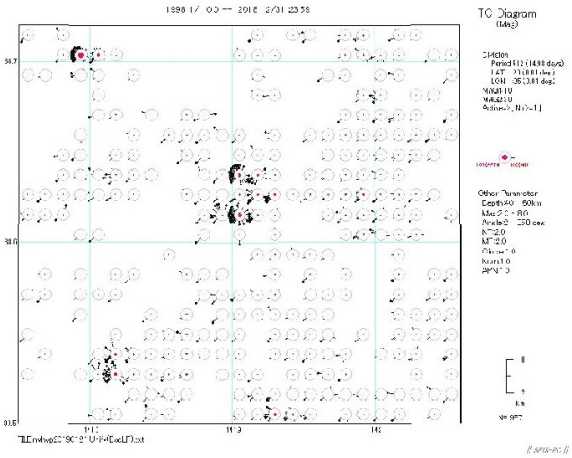


図４ 図3に対応する時間円表示図（TC-M図）

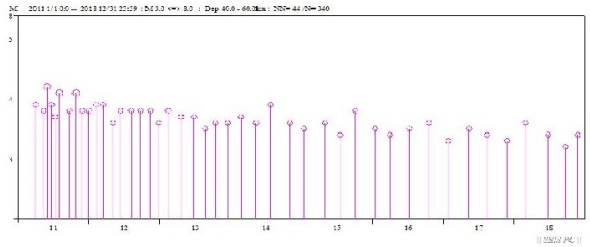


図６． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図（2011年以降を拡大）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

Seismic Moments of Inland Small Earthquakes in Japan: Spectral Analyses Using the Hi-net

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1]
*Tomotake Ueno[1], Tatsuhiko Saito[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震モーメントとモーメントマグニチュードは断層面の大きさとすべり量に関係する物理量であり，地震の規模を示す最も重要な要素の一つである。防災科学技術研究所では，大地震が発生すると，広帯域地震観測網（F-net）や強震観測網（KiK-net/K-NET）の地震記録を用いて，地震モーメントを含む様々な震源要素を計算し，その結果を公開している。一方で，規模の小さな地震に関しては，観測点間隔の広いF-netや，地震計の感度が低いKiK-net/K-NETでは，地震規模の推定が困難である。そのため，おおよそ気象庁マグニチュードM3.5未満の地震については高感度地震観測網（Hi-net）の最大振幅値からの地震マグニチュードのみを推定している。Hi-netは高感度地震計を利用しているために強い震動を励起する地震の地震モーメントを推定することは難しい。しかしながら，地震波の振幅値が小さい小地震については地震モーメントの推定が可能である。そこで，本研究ではHi-net地震記録の最大振幅から推定されている地震マグニチュードが3から4である地震に対して，地震モーメントとモーメントマグニチュードを推定した。

使用したデータは，2013年から2017年の5年間に陸域で発生した深さ20 km以浅の地震とした。ある地震に対して，震央距離が100 km以内の観測点を選び，計器特性を補正したS波記録に対して，到達時の1秒前から10秒間の波形を切り出して，変位スペクトルを計算した。さらに，サイト増幅特性と距離減衰およびS波の減衰を補正し，地震波の平均的な放射特性と媒質のS波速度と密度を仮定して震源スペクトルを推定した。そして，ω^2モデルを仮定して，周波数無限小の振幅値である地震モーメントを推定した。ω^2モデルの推定には，0.1 Hから20 Hzまでのスペクトル振幅に対し，シグナルノイズ比が20倍以上あるデータを用いた。

2017年に防災科学技術研究所のHi-netで検知されたM3-4の陸域の地震は455イベントあり，そのうち90%以上の地震について地震モーメントを推定することができた。2016年を除く他の年についても同様に90%以上の割合で地震モーメントを推定できた。2016年については，熊本地震が発生したために，1分以内に連続して発生した地震（余震）が頻発したため，全体で1730イベントが検知されたが，地震モーメントの推定割合は全体の70%程度となった。5年間のM3.5以上の地震について，F-netのモーメントテンソルインバージョンから求めた地震モーメントと本研究で求めた震源スペクトルによる地震モーメントをモーメントマグニチュードにして比較した結果，Hi-net記録から推定したモーメントマグニチュードは系統的におおよそ0.1程度F-netから推定したモーメントマグニチュードより小さく，また，ばらつきはおよそ0.1程度であった．一方で，Hi-netの最大振幅からもとめた振幅マグニチュードは，F-netのモーメントマグニチュードに比べ系統的に0．06程度大きく，ばらつきの程度は0.2となった。

キーワード：地震モーメント、高感度地震観測網、小地震
Keywords: seismic moment, Hi-net, small earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化
Spatiotemporal variations of stress field in the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) area

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3]
*Dapeng Zhao[1], Zhiteng Yu[2], Jiabiao Li[2], Zhouchuan Huang[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 中国海洋局第二海洋研究所、3. 南京大学地球科学系
1. Department of Geophysics, Tohoku University, 2. State Oceanic Administration, 3. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

Focal mechanism solutions of 349 local crustal earthquakes and stress tensors in central-north Kyushu are determined using a large number of P-wave polarity data and a 3-D velocity model. The obtained tensional ($\sigma 3$) axis trends NNW-SSE or N-S horizontally, and the compressive ($\sigma 1$) axis trends WSW-ENE or E-W. The direction of the $\sigma 3$ axis is consistent with the spreading direction at the Okinawa Trough. The stress field in the 2016 Kumamoto earthquake area is attributed to rollback of the Philippine Sea plate and northward extension of the Okinawa Trough. The orientation of the $\sigma 3$ axis is quite stable, whereas the $\sigma 1$ and $\sigma 2$ axes are distributed in a wide range. With the 3-D velocity model, the principal stress axes can be better determined by inverting a large number of FMSs. Spatial and temporal variations of the stress field are well revealed in the Kumamoto source area. The $\sigma 3$ axis significantly rotated counterclockwise after the M 6.5 foreshock, and rotated clockwise after the M 7.3 mainshock on the Futagawa fault segment. The stress rotation suggests a small magnitude of deviatoric stress in the source area, which indicates a small friction coefficient on the seismogenic faults. In addition, a generally small value of friction (~0.4) on the faults is obtained by the stress inversions, indicating that the faults in the Kumamoto earthquake area are weak. The fault weakening may be caused by the arc magma and fluids ascending from the mantle wedge associated with the dehydration reactions of the subducting Philippine Sea slab.

キーワード：熊本地震、地殻応力、断層メカニズム
Keywords: Kumamoto earthquake, crustal stress, focal mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動
Seismicity and crustal deformation following the 2016 Kumamoto earthquakes

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Jun Izutsu[2], Yoshiaki Orihara[3], Masashi Kamogawa[4], Toshiyasu Nagao[3]

1. 静岡県立大学、2. 中部大学、3. 東海大学、4. 東京学芸大学
1. University of Shizuoka, 2. Chubu University, 3. Tokai University, 4. Tokyo Gakugei University

2016年熊本地震では、マグニチュード*M*7.3の本震と、それに先立つ*M*6クラスの前震(*M*6.5, *M*6.4)、そして多数の*M*5クラスの余震が起きた。これらの地震に関係する布田川断層、日奈久断層では今尚活動は活発である。今後の活動推移の示唆を得る目的で、熊本地震前後の地震活動と地殻変動を調査した。

この研究では、先行研究(Nanjo et al., 2016)を参考にし、グーテンベルグ・リヒター則の*b*値の時空間分布を調べた。余震の活発な期間を除いた、2017年1月から2019年1月までの地震活動に基づく*b*値の空間分布から、前震(*M*6.5, M6.4)の発生場所より南側の日奈久断層沿いで、*b*値の低い地域（130.6-130.8E, 32.5-32.6N）があることがわかった。2000年1月から熊本地震直前までの地震活動に基づく*b*値の空間分布と比較すると(Nanjo et al., 2016)、*b*値が減少した地域があり、その地域と、2017年以降の低*b*値の地域が一致する。2016年以降の*M*>5の地震の空間分布と、2017年以降の地震活動に基づく*b*値の空間分布を比較すると、低*b*値の地域では、*M*>5の地震が起きていない様に見える。

また、GEONETによる熊本地震に伴う地殻変動の先行研究を参考にしながら(例えば、檜山他, 2016)、布田川断層、日奈久断層周辺の基準点の基線変化を調査した(2013年1月から2018年末までの期間、固定局を三隅（島根県）にとる)。その結果、熊本地震の発生した2016年4月にステップ状の変化があり、その後に余効変動が継続している。2017年以降の低*b*値の地域に含まれる基準点「泉」（130.79E , 32.58N）でも同様で、変動が終わりつつあるが未だ継続している様である。従って、地震活動は今後も継続すると考えられる。

日奈久断層沿いに現在*b*値の低い地域があり、唯一そこは熊本地震の発生前と比べて*b*値が減少した地域である。Nanjo et al. (2016)によれば、熊本地震の前震、本震、余震のうちで*M*5以上の地震の多くが、低*b*値の地域で起きていることが分かっている。仮に、熊本地域に関して、*b*値を、将来比較的大きい地震の発生場所を推定する指標とみなすならば、現在の低*b*値の地域は、*M*>5の地震が未だ起きていない空白域の可能性がある。

キーワード：2016年熊本地震、b値、地殻変動
Keywords: 2016 Kumamoto earthquakes, b value, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること
The unique characters of intensity distribution of the 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region in Hokkaido, Japan

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2]
*Ritsuko S. Matsu'ura[1], Hiroto Tanaka[2], Mitsuko Furumura[1], Tsutomu Takahama[2]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2. 株式会社 構造計画研究所
1. Earthquake Research Center, Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Kozo Keikaku Engineering Inc.

2018年9月16日に発生したMw6.6(M_{JMA}6.7)の胆振東部の地震は、深さ35km(F-net CMT解．JMAは深さ37km）で太平洋スラブ内の地震ではないにも関わらず、日高山脈の西側の石狩低地で大きい震度が観測されるとともに、岩手や北海道東部方面には、スラブを伝播したことを示す太平洋岸沿いに広がる異常震域も見られた。この地震で観測された震度と、我々が提案している、表層地盤の影響と震源の物理的なタイプを考慮した地表の計測震度の距離減衰式[Matsu'ura et al. (2018)]とを比較した。その結果、石狩低地等震源の西側で震源距離が100km程度以下の地域では、スラブ内地震と類似する、高い短周期レベル＝高い応力降下量の特徴を示す一方、日高山脈の東側の北海道東部や本州の青森東部、岩手などの太平洋沿岸の観測点では、プレート間地震と同程度で、スラブ内地震よりは弱い異常震域を示していた(図）。

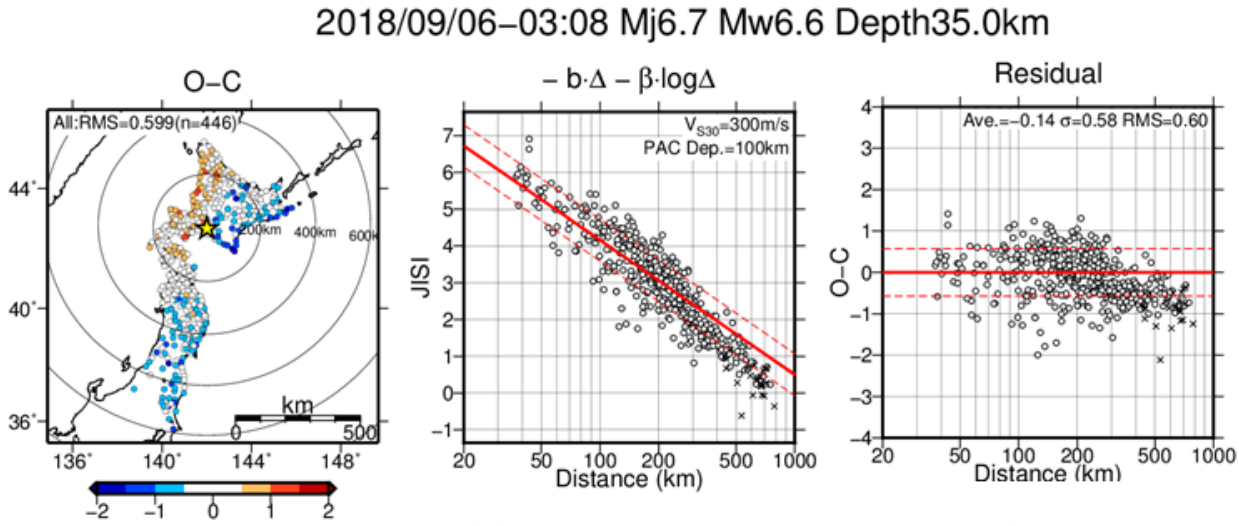
この地震が日高山脈西側にある脆性破壊可能な陸側の浅いマントル内で発生したと考えると、上記特徴を以下のようによく説明できる。やや深い地震で応力降下量が高く、直達波が卓越する石狩低地側で、通常の浅い地殻内地震より広範に大きい震度が観測された。スラブを通じて太平洋沿岸域に生じる異常震域は、スラブ直上に震源があるプレート間地震と同程度に、効率良く高周波が震源からスラブに伝播したことを示しており、震源からスラブまでの物性の不均一度は地殻より格段に低いと推定される。

表層地盤の影響を上手に取り除けて、物理的な震源タイプを考慮した距離減衰式は、震度分布から震源過程を推定する良い手段となる。また、この地震のような深さでの高い短周期レベルは、日高山脈西側のような脆性破壊可能な陸側マントルが存在する領域でだけ考慮すれば良いことになり、下部地殻の脆性破壊リスクを全国一律に考える必要は無い。

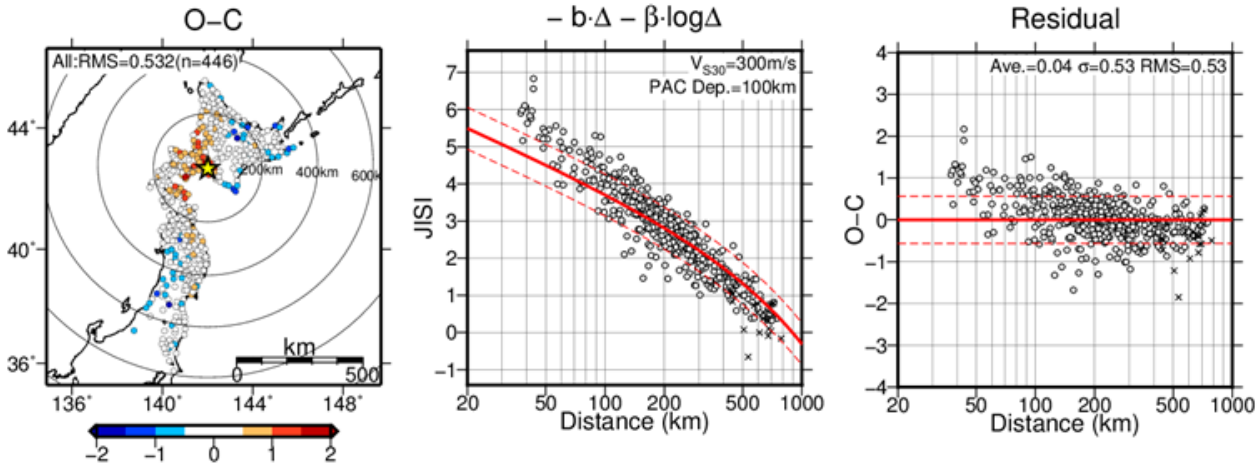
本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：計測震度の距離減衰式、2018年9月6日胆振東部の地震、最上部マントル内の地震
Keywords: Prediction Equation of Japanese Instrumental Intensity, 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region, earthquake in the uppermost mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



comparison with the PAC intra prediction equation



comparison with the PAC inter prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method

*Ade Surya Putra[1], Nanang Tyasbudi Puspito[2], Andri Dian Nugraha[2], Pepen Supendi[3,1]

1. Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 3. Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia

Sumani and Sianok segments are two of the many fault segments in Sumatra Fault Zone (SFZ) that have a considerable history of seismicity and cause significant impacts. An important effort to overcome this problem is the need to analyze tectonic structures in detail through one of them by elaborating an accurate hypocenter location. In this study, we conducted hypocenter determination by using a non-linear approach with the oct-tree importance sampling method through NonLinLoc software by using local velocity components for earthquakes in Sumani and Sianok Segments in the range of 2009-2017. The results of hypocenter determination in this study indicate an improvement in picking arrival time of P and S wave. The increment is denoted by the results of residual picking P and S wave arrival times using oct-tree sampling method that dominant at frequency of 0.1 seconds and there is a correlation between hypocenter location cluster in this study with a location of major earthquakes that have occurred in Sumani and Sianok Segments.

Keywords: Hypocenter, Oct-tree importance sampling, Fault segment, Sumatra Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result

*Faiz Muttaqy[1], Andri Dian Nugraha[2], Nanang Tyasbudi Puspito[2]

1. Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung,
2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung

Central and East Java are part of Sunda Arc which has relatively high seismicity and complex geological system as a result of Indo-Australian plate that subducted under the Eurasian plate. The early stage of seismic tomography study in order to obtain a reliable geometry about the velocity structure beneath the study area is to define the precise earthquake location and 1D seismic velocity model. In this study, we manually picked P- and S-wave arrival time recorded by BMKG network for the time period from January 2009 to September 2017. We determined the hypocenter location around Central and East Java region by using an NLLoc program. We also conducted a velocity inversion using the VELEST program to obtain an updated 1D velocity model in the study area. Afterward, the hypocenters were relocated using the double-difference algorithm and the updated 1D velocity model to improve the accuracy of the hypocenter locations. Our results indicate that the seismicity around Central and East Java is generally distributed in the southern part of the island, such as in the south of Kebumen, Yogyakarta, Pacitan, Malang, and Banyuwangi that associated with the subduction activity. Moreover, the shallow seismicity is probably controlled by the presence of active inland faults, such as Opak Fault and Kendeng Thrust. As further studies, we will determine the focal mechanism of selected events related to the active inland fault in this region and conduct 3D seismic tomography imaging beneath Central and East Java region.

Keywords: Central Java, East Java, Hypocenter Relocation, 1D Velocity Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia

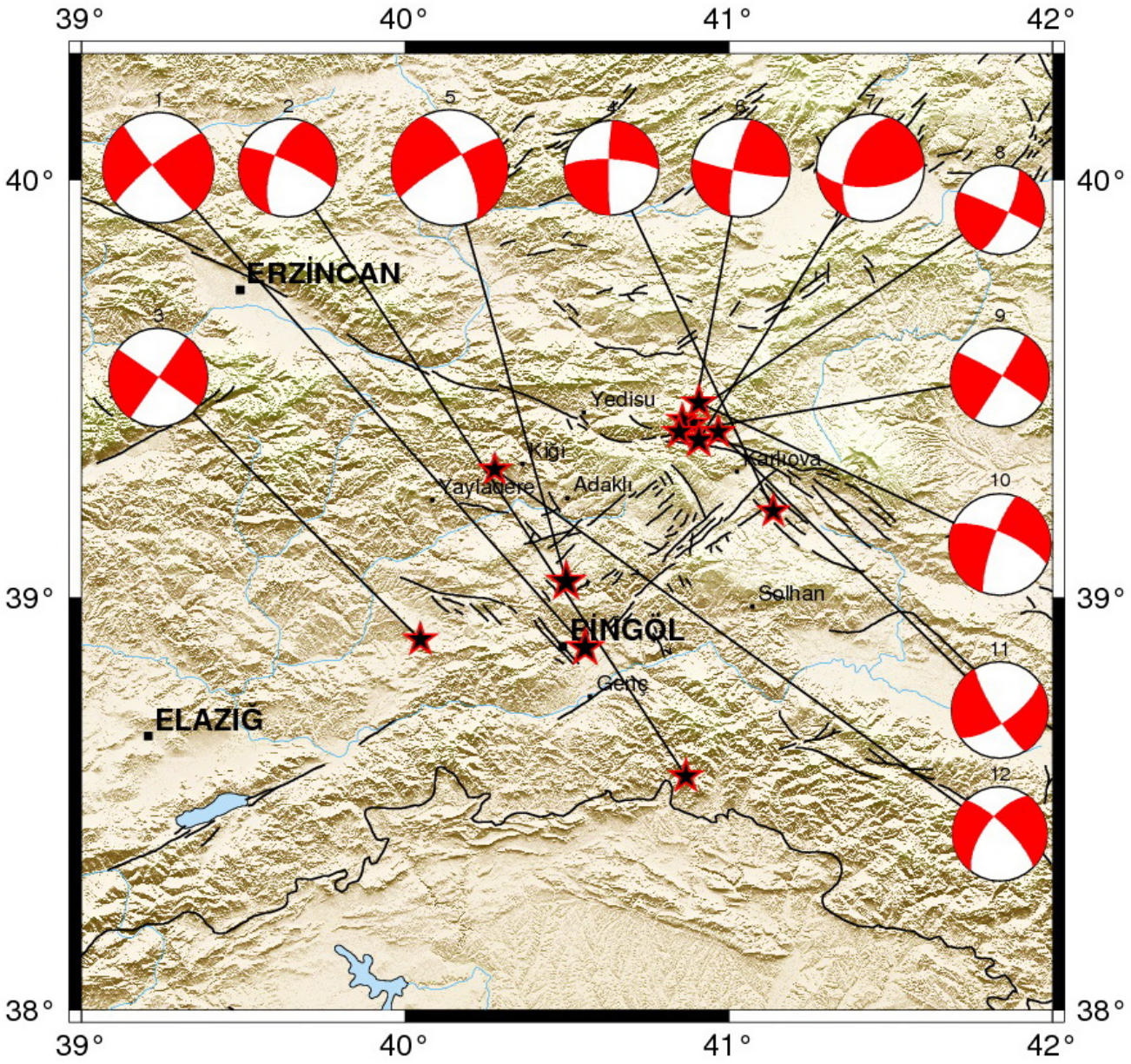
*Dogan Kalafat[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

In this study, Bingöl Earthquakes which have occurred in recent years have been evaluated from seismological point of view. The Eastern Anatolia Region is the most seismologically deformed area of the Anatolian plate and is under compression due to the relative movement of the Arabian and Eurasian plates in general. The Anatolian plate bounded by the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Eastern Anatolian Fault Zones (EAFZ) moves relatively westward. Bingöl Earthquakes are located within the Eastern Anatolian Fault Zone and this fault zone occurs due to the movement of the parts. Bingöl and the surrounding area is the most active regions in Turkey in terms of seismicity. The most important earthquakes in Bingöl during the instrumental period were the 1971 and 2003 earthquakes. Bingöl Fault starts from the south of Bingöl and extends along the Göynuk stream valley. This fault length is about 75 km. which is northern part of the Eastern Anatolian Fault Zone and joins the North Anatolian Fault Zone after passing through the villages of Serpmekaya and Sakaören. During the 1971 Bingöl Earthquake, about 38 km surface rupture occured which it started from Ormanardi to the southeast of Bingöl and extends to the N45ºE degree in the southwestern direction of Goynuk. The observed faults showed a strike-slip and a left lateral movement and the fault plane solutions supported the field observations.
The other important earthquake occurred on May 1, 2003. In this earthquake, 176 citizens were killed and 521 citizens were injured in various places. In particular, public buildings were severely damaged. The episantr area is between the Balikcay village plateau, Hanocayiri-Kurtulus and Sudugunu Plateau. Stepped fractures with NW-SE trending N20-30ºW trending were observed in Hanocayiri, which is one of the closest settlements of earthquake. As a result of earthquake, a great deal of collapses and mud currents were formed due to the effect of groundwater pressure. The fault traces in the region continued on the slopes of the NW-SE trending Kade mountains. Liquefaction, sitting, collapse and faulting samples were seen together in Hanocayiri hamlet. The earthquake caused severe damage, destruction and death in the buildings located on the alluvial terrace of Göynuk Creek in Bingöl province. During the earthquake, the Celtiksuyu Boarding School of Bingöl province was completely destroyed and 84 students died under the rubble. In addition, many public buildings were damaged. The macroseismic epicenter of the earthquake is approximately 12 km. distance between the district of Elcagini-Elmacayiri and Sudugunu plateaus. The area is mountainous and there are no frequent settlements. The nearest settlements are Balikcay, Hanocayiri Village, Elmacayiri village and Kurtulus village. It was observed that the epicenter of Bingöl Earthquake was highly compatible with the NW-SE trending faults. The fault of N-NW, which passes between Kurtulus-Elmacayiri-Hanocayiri and towards the Balikcay-Cimenli villages, was defined as the fault which was broken by the 2003 Bingöl Earthquake. In this study, 12 earthquakes fault plane solutions have given (magnitude Mw> 5.0) between 1971-2015 time period in Bingöl. The fault plane solution of 6 earthquakes was conducted within the scope of the study. The stress analysis shows that the dominant stress axes in the region are dominated by NW-SE directional compression and strike-slip faulting which are characterized by NE-SW extension axes.
The recent earthquakes showed that the ongoing deformation in the region continued with the strike-slip fault systems as the dominant. Structural heavy damages caused by earthquakes were mostly due to poor soil conditions, improper production, low quality and missing materials.

Keywords: Bingöl, East Anatolia, Göynük Stream, Fault Plane, Strike-Slip faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4]
*Yojiro Yamamoto[1], Narumi Takahashi[2,1], Dogan Kalafat[3], Ali Pinar[3], Remzi Polat[3], Zeynep Coskun[3], Haluk Ozener[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 防災科学技術研究所、3. ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. NIED, 3. KOERI, Bogaziti University, 4. Kagawa University

The North Anatolian Fault (NAF) beneath the Marmara Sea is recognized as a seismic gap for M >7 earthquake during more than 100 years. Earthquake hazard and disaster mitigation studies in Marmara region are sensitive to detailed information on fault geometry and its coupling status beneath the Marmara Sea. Although hypocenter distribution could help us to estimate them, it is difficult to obtain precise hypocenter location from only onshore permanent seismic stations. Thus, we have started a series of long-term ocean bottom seismographic (OBS) observations beneath the western and central Marmara Sea since 2014. We have installed 10~15 OBSs along the Main Marmara Fault(MMF) for each observation phases, and observation length is about 10 or 11 months. Based on the first phase observation, conducted from 2014 to 2015, Yamamoto et al. (2017) identified a segment boundary of the MMF beneath the central basin of the Marmara Sea (28.05˚E). Besides, they proposed that the zones of no seismicity within the upper crust appear to indicate locked sections of the MMF.
In this study, we analyze the second (from 2015 to 2016) and third phases (from 2016 to 2017) observation data. The OBS distribution of second phase is same as first phase,whereas that of third phase is about 20 km shifted to eastward relative to first and second phases. The tentative result shows that the feature of hypocenter distribution, including the location of no seismicity zones obtained by Yamamoto et al. (2017), is not changed for all phases, suggesting that the coupling status along the fault is almost same during at least three years. In the west of 28.05˚E, seismicity located not only the upper but also lower crust. On the other hand, the lower limit of the seismogenic zone in the east of 28.05˚E is about 15 km, shallower than the Conrad discontinuity. The largest no seismicity zone extended over the upper crust is located between 28.45˚E and 28.65˚E, where strong coupling is suggested from seafloor geodetic observation (Sakic et al., 2016).
According to the spatial relationship between the epicenter of microearthquakes and fault trace on the sea floor (Armijo et al., 2005) suggests that the MMF around 28.75˚E is near vertical to slightly northward dipping. Since previous study indicates that the east of 28.05˚E MMF is southward dipping (Yamamoto et al., 2017), there might be another segment boundary west of 28.75˚E. We also find an active seismic cluster around 40.8˚N, 28.7˚E, 14 km depth. There is a possibility that this cluster relates to the southern branch of NAF.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、地震活動
Keywords: The North Anatolian Fault, Marmara Sea, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey

*Dogan Kalafat[1], Yavuz Gunes[1], Mehmet Kara[1], Kivanc Kekovali[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

Western Turkey is one of the seismically active region in Turkey. The high seismic activity is a result of the complex tectonic deformation of the Anatolian plate which has been dominated by the N–S extensional tectonic regime in the western edge. In western Turkey, relatively 3 major earthquakes (Mw≧6.0) were identified on the Sultandagi Fault Zone (Afyon-Aksehir Graben) between years of 2000–2002. In this study, mentioned local earthquake activity, have been investigated to understand their nature and relation of the regional seismic activity and tectonic deformation on the Sultandagi Fault Zone (SFZ) in western Turkey. Due to these activities along the SFZ it is decided to monitor microseismic activity (M<2.5) by establishing low-magnitude threshold seismic network. For this purpose, 3 new broadband (BB) seismic stations were temporarily established to control the northern part of the Sultandagi Fault Zone, and the micro-seismicity of the fault zone was started to be observed in July 2017. Thus, the earthquake activity in the region started to be monitored sensitively. So we started to get 2 times more earthquakes than permanent stations in the region. The one of the biggest primary outcome by this study that there is a significant microseismic activity (M<2.5) at the SFZ which was not seen from prior studies and long-term seismicity catalogues from permanent network (M>2.5). At first, we started to analyze the distribution of micro-earthquakes in the region. During the data analysis, it was predicted that some intensive micro-earthquake activity in the project area could be caused by quary-blasting and some locations were visited during the field study. Relocation of common earthquakes recorded by KOERI and the study was carried out, and the earthquake epicenters were displaced approximately as ±0.8–6 km. There were also some positive changes in the depth distribution of earthquakes. Consequently, thanks to the stations established within the scope of the study, horizontal (distance) and vertical error (depth) margins of the events in the region have been reduced. As a result of the evaluation of the data obtained, it was observed that the Sultandagi Fault Zone has especially intense seismic activity in the middle and northwest part. In addition, a significant seismic activity was observed in NW-SE direction at the north of Isparta city .
This research is funded by Bogazici University Research Fund within the scope of Project Number 12280. We thank to Bogazici University Research Fund Commission and members.

Keywords: Sultandagi Fault Zone, Western Turkey, extensional tectonic regime, micro-seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1], Xyoli Pérez Campos[2], Krishna Shri Singh[2]

1. Kyoto University, 2. Geophysics Institute, UNAM

Radiated seismic energy is valuable parameter in seismic source studies, as it can be a good criterion to evaluate earthquakes size but also very useful to analyze the dynamics of the rupture process. Significant large thrust earthquakes have occurred over the last decades at the Mexican, subduction zone, however just a few researches have been done to understand the distribution of seismic energy release in the area. For this purpose, we calculated source spectra to estimate radiated seismic energy of three large earthquakes and their aftershocks (*M* larger than 4.0) in the Guerrero segment of the Mexican subductions zone; the 2012 Ometepec-Pinotepa Nacional (*Mw* 7.5), the 2014 Papanoa (*Mw* 7.2) and the 2018 Pinotepa Nacional (*Mw* 7.2) earthquakes. We found a mean value of the log of radiated seismic energy scaled with the seismic moment (Mo/Es) of -5.05 ±0.25, as well as, regional estimations tend to be higher than the teleseismic estimations by a factor of 1.3 to 6.3. A small dependence of scaled seismic energy with distance from the trench was seen, however distribution of seimsic energy seems to be spatially heterogeneous along the trench. We found four different regions with characteristic behaviors in energy release. One of the regions reveals recurrent low energies with possible slow rupturing close to the trench. Opposingly, high energy seismicity was present, adjacent to the Guerrero gap, which has not had a large earthquake in over 115 years. This suggests that radiated seismic energy can be highly influenced by complexities at the plate interphase, variations on the shear strength and/or coupling at the interface where seismic slip interacts over previous rupture patches.

Keywords: Radiated energy, aftershocks, subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:加藤 愛太郎(東京大学地震研究所)、遠田 晋次(東北大学)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

13:45 ~ 14:00

[SSS10-01] 山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1] (1.東京大学地震研究所)

14:00 ~ 14:15

[SSS10-02] 余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1] (1.東京大学地震研究所)

14:15 ~ 14:30

[SSS10-03] The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震 合同余震観測グループ (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2.東京大学地震研究所、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5.鹿児島大学地震火山地域防災センター、6.名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7.弘前大学理工学研究科、8.京都大学防災研究所地震予知研究センター、9.千葉大学大学院理学研究科、10.防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SSS10-04] 2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

14:45 ~ 15:00

[SSS10-05] 1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森－宇津公式の最適パラメータ値

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1] (1.京都大学)

15:00 ~ 15:15

[SSS10-06] 地震とは無縁の島，天草上島・下島　—非地震域の意味を考える

*遠田 晋次[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

山陰地方の地殻内地震活動の季節変動性
Seasonal variations in crustal seismicity in San-in district, southwest Japan

*上田 拓[1]、加藤 愛太郎[1]
*Taku Ueda[1], Aitaro Kato[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

A growing body of evidence suggests that seismicity is seasonally modulated in a variety of tectonic environments (e.g., Gao et al., 2000; Heki, 2003; Bettinelli et al., 2008; Ben-Zion & Allam, 2013; Amos et al., 2014; Johnson et al., 2017). Identifying cyclic variations in seismicity leads to an improvement of our understanding about the physics of earthquake triggering.

San-in district, southwest Japan, is an active seismicity zone characterized as high shear strain rate by geodetic measurement (Nishimura and Takada, 2017). Moreover, Ogata (1983) has pointed out a possibility of seasonal variations in seismicity rate in the Inner Zone of southwest Japan. We here focus on seasonal variations in crustal seismicity in San-in district.

We used the JMA catalog (constructed by Japan Meteorological Agency) from 1975 through 2017 (magnitude M >= 3.0 and depth <= 20 km). We applied space-time Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS) model (e.g., Ogata, 1998; Zhuang et al., 2004) to the catalog and used a probability-based declustering procedure based on the work of Zhuang et al. (2002) to evaluate the significance of the seasonal variations, adopting uncertainties derived from the declustering scheme.

We demonstrated that semiannual variations in background seismicity rate, which increases in spring and autumn, are statistically significant from 1980 through 2017. The distribution of large historic and modern earthquakes (from 1850 through 2017, magnitude M >= 6.2, constructed by Chronological Scientific Tables) shows a similar pattern to recent background seismicity, suggesting that seismicity in San-in district has shown seasonal variations for over 150 years. There is some correlation between the monthly averaged background rate shifted backward 2 months and monthly averaged rain amount in the studied region. These results infer that seasonal variations in seismicity in San-in district can be explained by increasing pore pressure within fault zones, caused by infiltration of rainfall in autumn and decreasing surface mass due to snow melting in spring. Some correlation between seismicity and precipitation suggests that modulation of precipitation may be a key ingredient to produce time-dependence of background seismicity.

キーワード：地震活動、季節変動、確率論的decluster法、山陰歪集中帯
Keywords: Seismicity, Seasonal variations, Stochastic declustering, San-in shear zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

余震活動に基づく2018年大阪府北部地震の震源断層モデル

Source fault model of the 2018 M_w 5.6 northern Osaka earthquake, Japan, inferred from the aftershock sequence

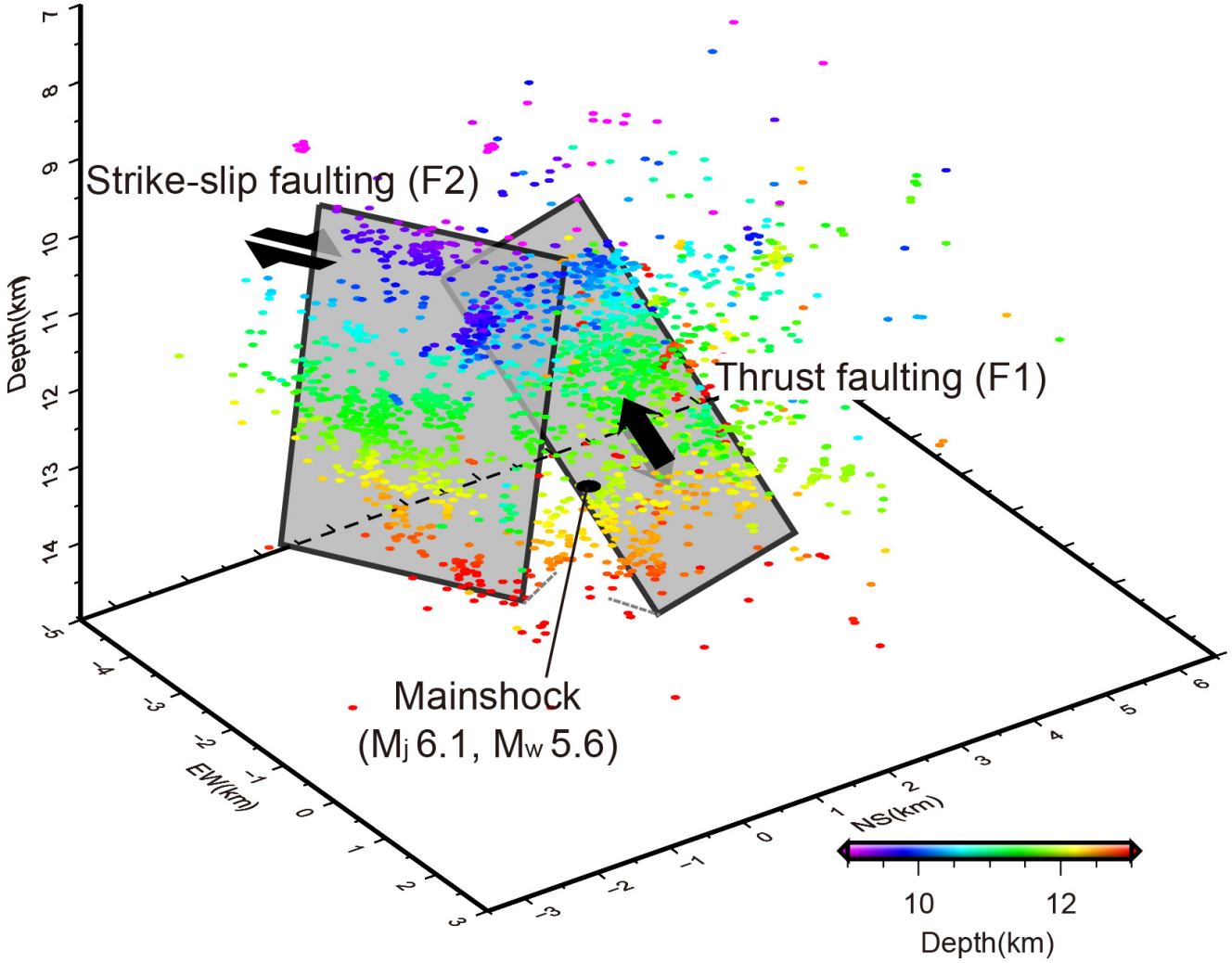
*加藤 愛太郎[1]、上田 拓[1]
*Aitaro Kato[1], Taku Ueda[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

We reconstructed the spatiotemporal evolution of seismicity associated with the 2018 M_w 5.6 northern Osaka earthquake, Japan, to discuss the source fault model of the mainshock rupture, the possible link between this rupture and known active faults, and subsequent crustal deformation. We first relocated the hypocenters listed in the earthquake catalog determined by the Japan Meteorological Agency using a double-difference relocation algorithm. We then searched for the earthquake waveforms that closely resembled those of the relocated hypocenters by applying a matched filtering technique to the continuous waveform data. The relocated hypocenters revealed two distinct planar alignments with different fault geometries. A combination of the relocated hypocenters and focal mechanisms suggests that the mainshock rupture initiated on a NNW–SSE-striking thrust fault, dipping ~45° to the east, with the rupture propagating to an adjacent sub-vertical ENE–WSW-striking strike-slip fault ~0.3 s after the initial mainshock rupture, resulting in the simultaneous propagation of dynamic rupture along the two faults. The strike-slip fault is oblique to the strike of the Arima-Takatsuki Fault, indicating that blind strike-slip faulting occurred. While the east-dipping thrust fault is located deeper than the modeled extent of the Uemachi Fault, a simple extrapolation of the near-surface geometry of the Uemachi fault partially overlaps the mainshock rupture area. Although it is unclear as to whether a blind thrust fault or a deep portion of the Uemachi Fault ruptured during this mainshock–aftershock sequence, a mainshock rupture would have transferred a static stress change of >0.1 MPa to a portion of the east-dipping thrust fault system. Intensive aftershocks have persisted along the northern and southern edges of the source area, including moderate-magnitude events, whereas the seismicity in the central part of the source area has shown a rapid decay over time. Delayed triggered aftershocks were clearly identified along the northern extension of the rupture area. Because the background seismicity is predominant in this northern area, we interpret that aseismic deformation, such as cataclastic flow lubricated by crustal fluids, triggered this off-fault seismicity.

キーワード：大阪府北部地震、余震、震源断層モデル
Keywords: the 2018 Mw 5.6 northern Osaka earthquake, afershocks, Source fault model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: Insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the mainshock

*勝俣 啓[1]、大園 真子[1]、青山 裕[1]、田中 良[1]、高田 真秀[1]、一柳 昌義[1]、山口 照寛[1]、岡田 和見[1]、高橋 浩晃[1]、酒井 慎一[2]、松本 聡[3]、岡田 知己[4]、松澤 暢[4]、平野 舟一郎[5]、寺川 寿子[6]、堀川 信一郎[6]、小菅 正裕[7]、片尾 浩[8]、飯尾 能久[8]、長岡 愛理[8]、津村 紀子[9]、上野 友岳[10]、2018年北海道胆振東部地震合同余震観測グループ
*Kei Katsumata[1], Mako Ohzono[1], Hiroshi Aoyama[1], Ryo Tanaka[1], Masamitsu Takada[1], Masayoshi Ichiyanagi[1], Teruhiro Yamaguchi[1], Kazumi Okada[1], Hiroaki Takahashi[1], Shin'ichi Sakai[2], Satoshi Matsumoto[3], Tomomi Okada[4], Toru Matsuzawa[4], Shuichiro Hirano[5], Toshiko Terakawa[6], Shinichiro Horikawa[6], Masahiro Kosuga[7], Hiroshi Katao[8], Yoshihisa Iio[8], Airi Nagaoka[8], Noriko Tsumura[9], Tomotake Ueno[10], the Group for the Aftershock Observations of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 東京大学地震研究所、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、5. 鹿児島大学地震火山地域防災センター、6. 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター、7. 弘前大学理工学研究科、8. 京都大学防災研究所地震予知研究センター、9. 千葉大学大学院理学研究科、10. 防災科学技術研究所
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University, 5. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 6. Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 7. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University, 8. Research Center for Earthquake Prediction, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Graduate School of Science, Chiba University, 10. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

The Hokkaido Eastern Iburi earthquake (M_{JMA} = 6.7) occurred on 6 September 2018 in the Hokkaido-corner region where the Kurile and the northeastern Japan island arcs meet. We relocated aftershocks of this intraplate event immediately after the mainshock by using data from a permanent local seismic network and found that the aftershocks concentrated in depths from 20 to 40 km, which is extraordinarily deep when comparing with other shallow intraplate earthquakes in the inland area of Honshu and Kyushu, Japan. Moreover, we found that the aftershock area consists of three segments. The first one is located in the northern part of the aftershock area, the second one is located in the southern part, and the third one is located in a stepover segment between the first one and the second one. The hypocenter of the mainshock, which is a rupture initiation point, is located in the stepover segment. The centroid moment tensor solution for the mainshock indicates a reverse faulting, whereas the focal mechanism solution determined by using a first motion polarity of *P* wave indicates a strike-slip faulting. To explain this mismatch qualitatively, we present a model that the rupture started as a small strike-slip faulting in the stepover segment of the aftershock area and it is followed by the large rupture of two reverse faulting in the northern and the southern segments.

キーワード：北海道胆振東部地震、余震分布、震源メカニズム解

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: the Hokkaido Eastern Iburi earthquake, aftershock distribution, focal mechanism solution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の余震の時系列解析からわかるマントル以浅の層状構造

Layered structure of the upper mantle and the crust revealed in the time series analyses of the aftershocks of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Education, Arts and Sciences, Yamagata University

１．はじめに

2018年9月6日3時8分頃，北海道胆振地方東部を震央とするM6.7の平成30年（2018年）北海道胆振東部地震が発生した（気象庁，2018）．震央周辺の北海道勇払郡厚真町の北東部を中心とする丘陵地域での斜面災害による死者41名を含む大規模な被害や，震央に近い海岸部で発生した液状化被害が発生した．また，苫東厚真火力発電所では地震動および発生した火災の影響で発電を停止したことが引き金になり北海道内全域の停電に陥った．さらに，札幌市清田区の丘陵地域を開発した住宅地の埋め立て部で大規模な液状化・流動化被害が発生した．

本報告では，平成30年（2018年）北海道胆振東部地震の本震および余震の3次元分布およびその時系列解析によって明らかになった上部マントルおよび地殻の層状構造について報告する．

なお，本地震によって被災された方々にお見舞い申し上げるとともに，一刻も早い日常生活への復旧を祈念する．また，本報告中で使用した震源データは，すべて気象庁一元化処理データを使用した．記してお礼申し上げる．

２．2018年北海道胆振東部地震の地震活動と震源分布

2018年北海道胆振東部地震は，2018年9月6日午前3時7分59秒に，東経142.00667°，北緯42.69083°の北海道胆振東部地域の深さ37kmにおいてMj6.7の規模で発生した．この地震による最大震度は７であった．

初動解における推定される断層面は，北北東-南南西方向で東傾斜であるが，大局的な震央分布は南北方向になっている．詳しく見ると，北北東-南南西方向の部分と北北西-南南東方向の部分に伸びる部分とがジグザグ状に分布している．

３．余震分布の時系列的変化と震度ゾーン

2018年北海道胆振東部地震の余震分布を時系列的にみると，地下の地質構造が層状の構造をなしていることが推定される．

余震の発生場所を時間で区切って見てみると，大局的には，地下37kmの本震の発生場所の深度から地表方向に向けて広がっていくことがわかるが，起こる頻度や規模によって４つの震度ゾーンにごとに分けることができる．

すなわち，最初は本震を含む発生頻度の高い深さ約45km～約30kmの深度ゾーン，地震の発生数が少ないが規模の比較的大きい地震の起こる深さ約30km～約20kmの深度ゾーン，直下のゾーンより発生頻度が高い深さ約20km～約10kmの深度ゾーン，発生頻度は高くはないが面の傾斜が緩くなる深さ約10km～約5kmの深度ゾーンの4つの深度ゾーンに分けることができる．

これらの深度ゾーンの中で注目すべきは，約20km～約10kmの深さの深度ゾーンである．このゾーンでは，本震よりやや南の場所から放射状の線状に広がるように震源分布があることである．しかも，余震が起こる時系列でみると，まず，南の上方向に進む一群があり，次いで北方向に斜め上に進む一群があることが識別

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

できる．このような地震の発生の場の時間的変化からは，地震の発生が単純な力学的原因で起こっているのではなく，本州弧で一般的な地震でみられるように，地震の発生に熱流体が関与していると推定される．

４．余震が示す断層面の傾斜と地下地質との関係

本震から1ヶ月半の震源の東西投影断面図では，余震が示す断層面は西傾斜で，約10km以深では，ほぼ70°前後の傾斜で東に傾斜している．これに対してそれ以浅では，傾斜が約45°前後と緩くなる．このような地下では高角度の断層面が地表付近に近づくほど底角度になることは，実験やシミュレーションでは一般的であり，地表付近では，最小圧縮応力σ3が地表に垂直になることで最大圧縮応力軸σ1が必然的に水平になるからである．

今回の地震の場合，地下40km付近では断層の上盤の東側が上昇して傾斜が70°の逆断層面ができ，その断層面はほぼ同じ傾斜で地下10kmまで続いた．それより浅所では地表方向への応力解放により低角度になったと考えられる．あるいは，地下約10kmより深部では，花崗岩あるいは玄武岩質深成岩などの固い岩盤であるが，それより浅所では古第三系や新第三系などの堆積岩であることから，摩擦角の低下によって断層面が次第に低角度になった可能性が考えられる．

また，地震頻度の少ないゾーンを塑性的な下部地殻とすると，その上は中部地殻と上部地殻に，地震の発生地点を含むゾーンは上部マントルの最上部に対応すると考えられる．

引用文献

気象庁（2018）平成30年９月６日03時08分頃の胆振地方中東部の地震について（第４報）．https://www.jma.go.jp/jma/press/1809/06h/kaisetsu201809061730_4.pdf.

キーワード：地殻の層状構造、2018年北海道胆振東部地震、余震の時系列解析
Keywords: Layered structure of the Crust, the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, time series analyses of the aftershocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1847年善光寺地震の余震系列：４史料にある時間減衰と大森ー宇津公式の最適パラメータ値

Aftershock sequence of the 1847 Zenkoji earthquake: Temporal decay presented in four historical materials and best fit values of paramaters for Omori-Utsu law

*服部 健太郎[1]、中西 一郎[1]
*Kentaro Hattori[1], Ichiro Nakanishi[1]

1. 京都大学
1. Kyoto Univ.

Seismic intensities estimated from damage caused by earthquakes have been most commonly used to locate earthquake epicentral area since Irish seismologist Mallet used degree of damage by the great Napoli earthquake of 1857 to locate earthquake source area. However, the scales of seismic intensity are different among countries. The seismic intensities are somewhat subjective and are affected by ground conditions.

Matsui and Oike (1997) proposed the use of the numbers of felt aftershocks right after large historical earthquakes to locate source area. A problem in their approach is that it is usually difficult to count the number of aftershocks in epicentral area or places close to the area.

We attempt to fit Omori-Utsu law (Utsu, 1961) to aftershock sequences of a historical large earthquake to overcome the above mentioned problem of the location of epicentral area. The value from counting aftershocks is integer, and seems to be more robust than the estimation of ground motion from the description in historical materials. The temporal decay of the number of aftershocks n(t) is described by the empirical Omori-Utsu law as $n(t) = K (t+c)^{-p}$, where t is the lapse time after the mainshock, p is an exponent showing the decay rate, c is a time scale, and K is a parameter showing aftershock activity.

We use aftershock sequence data of the 1847 Zenkoji earthquake presented in four historical materials owned in Matsushiro, Suwa, Fujinomiya, Gifu, in order of the distance from the epicentral area. We assume c=0.1 and p is common in four data, and obtain the best fitting p and four K. The result is shown in Fig.1. In the figure, it is clear that Omori-Utsu law does not fit the time range right after the earthquake occurrence for Matsushiro, Gifu, Suwa data, but fits Fujinomiya data. Another clear feature in Fig.1 is that the parameter K for Gifu data is 300. This value is much larger than those for Suwa (K=80) and Fujinomiya (K=6), both places are located closer to epicental area than Gifu. Fig.1 may suggest that the data preserved in Gifu were not written in Gifu, but in a place much closer to epicentral area.

キーワード：1847年善光寺地震、余震系列、大森・宇津公式
Keywords: the 1847 Zenkoji earthquake, aftershock sequence, Omori-Utsu law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

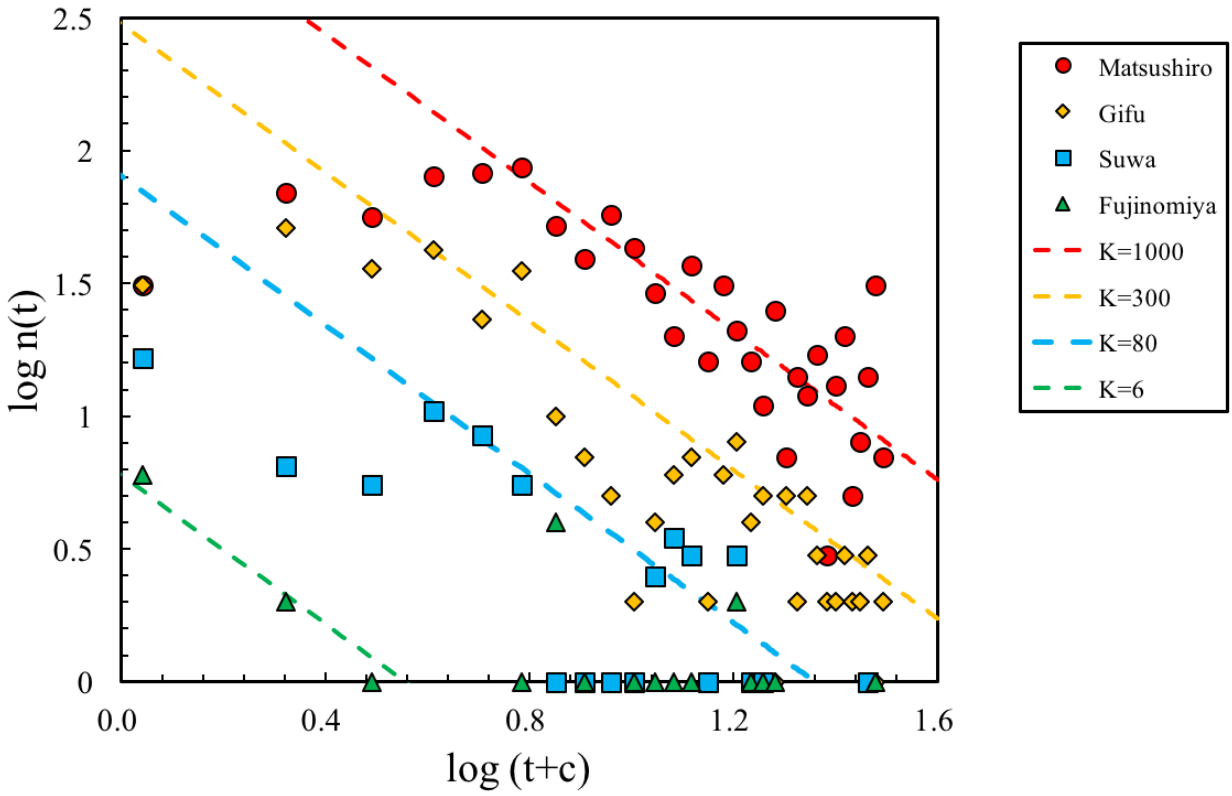


Fig. 1 Temporal decay of the aftershocks of the 1847 Zenkoji earthquake with lines (p=1.4) from Omori-Utsu law (Utsu, 1961)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震とは無縁の島，天草上島・下島　ー非地震域の意味を考える
The aseismic islands, Amakusa-Kamishima and Shimoshima, Kumamoto Prefecture, southwest Japan: What persistently shuts off regional seismicity

*遠田 晋次[1]
*Shinji Toda[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

１．はじめに

伏在断層による内陸大地震（浅部地殻内地震）が発生するたびに「日本列島どこでも震度６弱以上の揺れに見舞われてもおかしくない」という論調が繰り返される．本当だろうか．グローバルにみると列島全体が沈み込み変動帯に位置しているので，地震から無縁の地はないように見える．検知能力の著しく向上した気象庁一元化ネットワークで地震が捉えられない地域はあるのか．日本列島に「プチ安定地塊」は存在するのであろうか．逆説的であるが，「地震が起こらない」理由を考えることは，地震発生メカニズムを理解するために重要であろう．

２．天草上島・下島の地震活動と地質構造，測地歪み

1923年～2018年1月の気象庁一元化震源の浅部地震活動（深さ30km以浅）を調べると，日本列島内陸でも震央が全くプロットされない地域がわずかにある．そのうちの1つが天草諸島の上島・下島である．両島を中心とする約2000km^2の地域ではほとんど地震が発生していない（図1a）．日本被害地震総覧（宇佐美ほか，2013）にも両島を震源とする被害地震は全く記載がない．地震活動から見たこの地域の特徴は単に地震活動がきわめて低調であるだけではなく，囲碁の黒石に囲まれた白石のように，熊本地震余震域を含め周辺を地震活動活発域に囲まれているのが特徴である．北～北西は雲仙岳直下から橘湾，天草灘へ抜ける北東一南東走向の地震帯（天草灘地溝），東には島原湾東部～熊本平野～八代～八代海沿い（八代海地溝）の熊本地震余震域を含む地震帯，南は阿久根市西方沖に広がる多数の北東一南西走向の地震クラスター群に囲まれる．これらの周辺活発域の地震のメカニズムは北東一南西走向の横ずれか，東西走向の正断層解が卓越する．

当地域は高重力異常で特徴付けられ，基盤は下島西岸に露出している長崎変成岩類が予想される．ただし，実際に地表に露出している地層としては，主として上部白亜系および古第三系の堆積岩類である（図1b, 産総研シームレス地質図）．これらの堆積岩類には主として北北東一南南西の褶曲軸を持つ褶曲構造が著しく，天草褶曲運動とも称される．また，これらの褶曲を胴切りにする西北西走向の多数の高角横ずれ断層が並走する（天草型構造ともよばれる）が，一連の構造は中新世中期頃に形成されたと考えられている（高井・佐藤，1982）．少なくとも，上記の西北西走向の断層群沿いに活構造を示唆する変動地形はみあたらない．当該地域には「新編日本の活断層」に活断層が６箇所ほど示されているが，いずれも4km以下で確実度II～IIIとされている．ただし，上島北部から下島北部には海成段丘が発達し，両島南部はリアス式海岸で特徴付けられることから，第四紀後期に北高南低の地殻運動が続いていると推定されている（町田ほか，2001）．なお，国土地理院（2018）による電子基準点による観測では，熊本地震の余効変動の影響はあるものの，当該地域は0.1ppm程度の東西圧縮・南北引張の場にある．日本列島の他の地域と比べて，歪速度が小さな地域に含まれる．

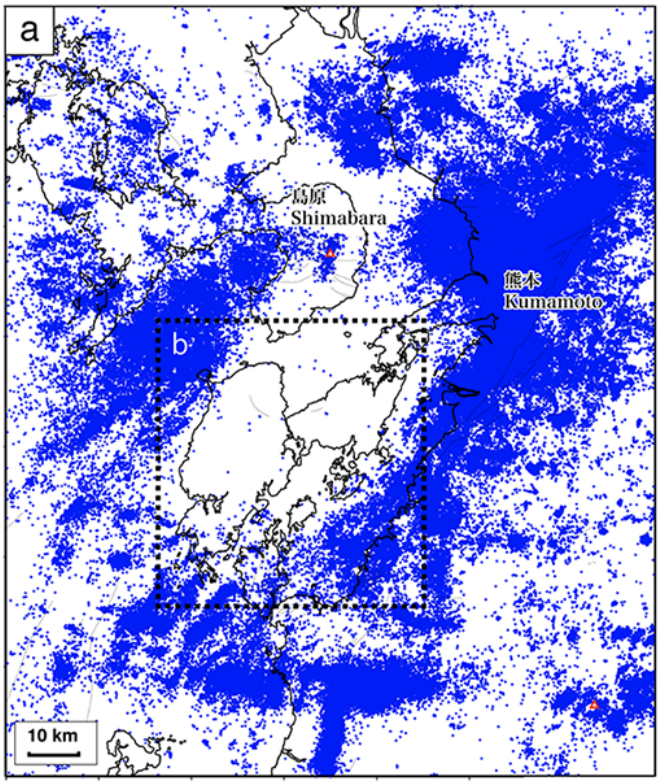
３．議論

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜ，天草上島・下島では地震が発生しないのか．第四紀後期を通じて恒久的な非地震域であるかどうかは不明であるが，少なくとも顕著な活断層も分布しない．測地学的にも少なくとも内部での歪みはきわめて小さく，周辺を活発な地震帯に囲まれることから，この部分が内部歪みを生じないようにブロック状に振る舞っている可能性が推測される．テクトニックな観点からは，別府一島原地溝帯外（南側）にあること，天草灘一橘湾沿いに指摘されている沖縄トラフの九州上陸部からも外れていること，日奈久断層帯からある程度の離隔距離があること，などから，すべての主要変動帯から逃れている可能性がある．実際，下島の一部を除いて後期中新世以降に堆積物がほとんどみられず，全域が安定か長期的に緩やかに隆起する傾向にあった可能性がある（ただし，第四紀後期に南部はおそらく沈降している）． なお，同様に地震活動域に囲まれる非地震域として面積こそ小さいが，琵琶湖直下がある．日本列島内陸で非地震域を生じるためには，周りを主要活構造に囲まれるのが条件なのかもしれない．そのような地域は超長期的なストレスシャドウに置かれていると考えられる．

文献： 活断層研究会（1991）新編日本の活断層；国土地理院（2018）地震予知連絡会会報，99巻；町田ほか（2011）日本の地形「九州・南西諸島」； Mogi, K. (1969) Bull. Earthq.Res.Inst., 47, 397-417; 産業技術総合研究所（2018）日本シームレス地質図；高井保明・佐藤博之（1982） 5 万分の 1 図幅「魚貫崎及び牛深地域の地質」；宇佐美ほか（2013）「日本被害地震総覧」.

キーワード：非地震性、内陸地殻内地震、地震活動
Keywords: aseismicity, inland earthquake, seismicity



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)、座長:勝間田 明男(気象研究所地震津波研究部第一研究室)、原田 靖(東海大学)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

15:30 ~ 15:45

[SSS10-07] 小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1] (1.気象庁気象研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS10-08] 海域観測点の気象庁一元化処理への活用について

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1] (1.気象庁地震火山部)

16:00 ~ 16:15

[SSS10-09] 2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東京大学地震研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS10-10] 2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3] (1.静岡県立大学、2.気象庁、3.静岡大学)

16:30 ~ 16:45

[SSS10-11] 豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

*千葉 慶太[1] (1.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター)

16:45 ~ 17:00

[SSS10-12] 日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1] (1.東海大学 海洋学部 海洋地球科学科)

小笠原諸島周辺及びカリブ海小アンティル諸島周辺のマントルウェッジ内地震活動

Seismicity in the matle wedge around Ogasawara Islands and Lesser Antilles

*勝間田 明男[1]、中田 健嗣[1]、小林 昭夫[1]、弘瀬 冬樹[1]、西宮 隆仁[1]
*Akio Katsumata[1], Kenji Nakata[1], Akio Kobayashi[1], Fuyuki Hirose[1], Takahito Nishimiya[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

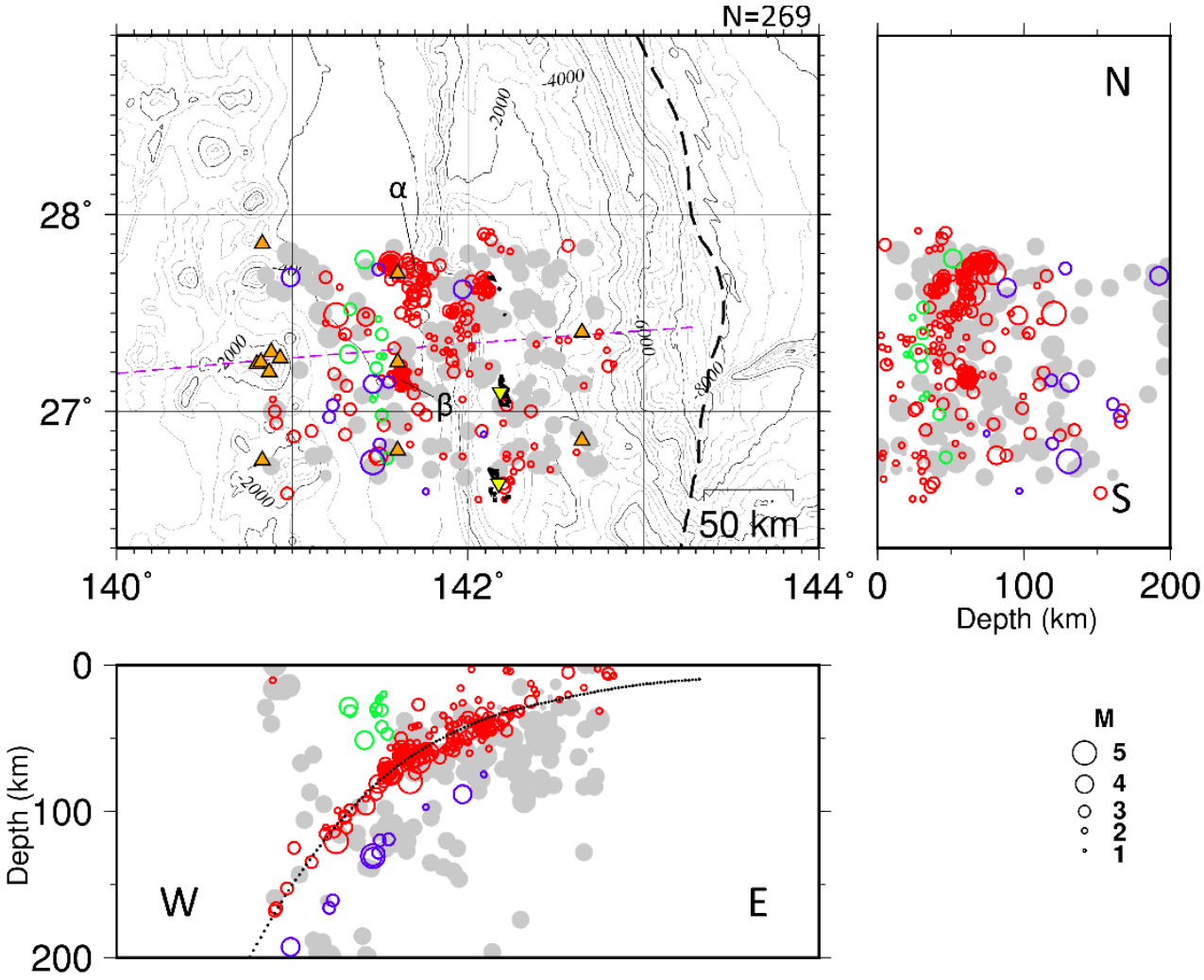
中田・他(2018)は小笠原諸島において2015年7月から10月まで，海底地震計による観測を行った.その結果，二重深発面と深さ20～50kmのマントルウェッジ内の地震活動(図中緑のプロット)が確認された.マントルウェッジ内の震源は小笠原トラフの下に分布している.小笠原トラフは現在の火山フロントと小笠原リッジの間に形成されている前弧海盆である.

他の地域でもマントルウェッジ内の地震活動が報告されている．Uchida et al. (2010)は三陸沖におけるプレート境界上部のマントルウェッジ内の地震活動を発見した.三陸沖のプレート境界上方の活動はマントルウェッジの先端部においていくつかのクラスターを形成している.Davey and Ristau (2011)はニュージーランド北東部のマントルウェッジ内の地震活動を報告しているが，それはプレートに隣接してクラスターを形成している.Laigle et al. (2013)はカリブ海の小アンティル諸島におけるマントルウェッジ内において幅数十km以上にわたって分散している地震活動を報告している.クラスターを形成せず分散しているという特徴は，小笠原諸島のマントルウェッジ内地震活動と小アンティル諸島の地震活動とに共通している.

前弧海盆下における活動という点においても小笠原諸島と小アンティル諸島の活動は類似している.父島・母島は太平洋プレートの沈み込みの開始に関連した41-48 Maの火山活動によって形成された(Ishizuka et al. 2006).小アンティル諸島の背弧海盆と前弧海盆は一連の地形として形成されたが， 40 Maの火山活動による小アンティル諸島の形成時に分割された(Aitken et al. 2011).小アンティル諸島の火山活動は大西洋プレートの沈み込み再開に伴って始まった(Aitken et al. 2011).小笠原諸島と小アンティル諸島の両者とも，前弧海盆はプレートの沈み込み開始に関連して形成された.両者のマントル内地震活動もプレートの沈み込み開始に関連して形成された鉱物に関連している可能性が考えられる.

キーワード：小笠原諸島、小アンティル諸島、マントルウェッジ内地震活動、海洋性スラブの沈み込み開始
Keywords: Ogasawara Islands, the Lesser Antilles, seismicity in the mantle wedge, onset of oceanic slab subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海域観測点の気象庁一元化処理への活用について
Improvement of the accuracy of the unified Japan Earthquake Catalog using ocean bottom seismographs

*上野 寛[1]、上田 満治[1]、見須 裕美[1]、横山 博文[1]、岩崎 友理子[1]、岩切 一宏[1]
*Hiroshi UENO[1], Mitsuharu Ueda[1], Hiromi Misu[1], Hirofumi Yokoyama[1], Yuriko Iwasaki[1], Iwakiri Kazuhiro[1]

1. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

気象庁及び関係機関の高感度地震観測データの一元的処理（以下、「一元化処理」という）に、近年、日本海溝及び南海トラフの海域に整備された地震観測点であるS-netやDONETのデータを導入すべく、以下のことについて検討を行った。

〇海底地震計の堆積層補正値の算出
海底地震計の直下に存在する未固結堆積層により走時が大幅に遅れることが知られている。今般、未固結堆積層と基盤層の境界でP波からS波に変換した波（PS変換波）の走時データを収集し、PS変換波とP波との時間差から、一元化処理で使用する全ての海底地震計の未固結堆積層補正値を求めた。
〇海域速度構造の検討
現在気象庁が震源計算に用いている陸用の速度構造であるJMA2001を海域地震観測点の走時計算や射出角計算に使用すると、海域で発生する地震の位置（特に深さ）や初動発震機構解を適切に決めることが出来ない。その改善策として、既知の海域構造探査結果を用いて、日本海溝陸寄り用構造、日本海溝アウターライズ周辺用構造、南海トラフ用構造の３種類の速度構造を作成した。
〇S-net用速度M補正値の算出
S-netデータを一元化処理に使用し始めると、特に陸から遠い海溝軸周辺の地震はS-netのみの検測データとなることが予想される。一方、S-net速度地震計は固有周期15Hzであり、従来気象庁や関係機関で使用していた固有周期1秒の速度計と比べ、特性が異なっているため、そのままでは従来の速度M式に適用できない。今般、S-net速度地震計の最大振幅データを用いて速度Mを求めるために、従来の速度Mとの連続性を考慮し、震源距離50km～150kmまでの3成分毎最大振幅値を合成したデータを用いることとした。また、埋設用及び非埋設用のS-netの速度M補正値を求めた。

上記の未固結堆積層補正値及び海域速度構造を考慮して震源計算を行った結果、海域の地震の震源位置及びＯ－Ｃの残差が大きく改善された。特にＳ相のＯ－Ｃが大きく改善され、海域で発生した地震の深さ精度が良くなったと思われる。また、その震源位置と海域構造を考慮した射出角を初動発震機構解析に用いることにより、発震機構解の改善がみられた。
これらの震源計算及びM計算手法等の変更について、処理システムの準備が整い次第、運用を開始する。

キーワード：一元化震源、海底地震計、震源決定
Keywords: Unified Japan Earthquake Catalog, Ocean bottom seismograph, hypocenter determination

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震後の震源域における地震活動と応力場の空間分布

Spatial distribution of seismic activity and stress field in the source region after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

西森 智也[1]、*日野 亮太[1]、篠原 雅尚[2]
Tomoya Nishimori[1], *Ryota Hino[1], Masanao Shinohara[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東京大学地震研究所
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0，以後，東北沖地震)によって，東北日本前弧域の応力状態は大きく変化した．震源となったプレート境界にかかっていたせん断応力のほとんどすべてが解放されたことにより，震源周辺では最大主圧縮応力軸とプレート境界がなす角度が大きく変化したことが明らかになっている(たとえば，Hasegawa et al., 2011)．したがって，東北沖地震後の応力状態の空間変化を詳細に明らかにすることは，地震時に発生した応力変化や地震発生前の応力状態，とりわけその空間変化を理解する上で重要である．これまでの応力解析に用いられてきた発震機構解は，陸域の地震観測網のデータによるものであり，沖合で発生する地震の震源深さの決定精度が充分でないことから，特に鉛直方向の応力状態の変化を議論することが難しかった．そこで，本研究では，地震時すべりが大きかった宮城県沖において繰り返し実施されてきた海底地震観測のデータを用い震源再決定を行うことで，東北沖地震前後に発生した地震の発震機構解の３次元的な分布の詳細を明らかにした．震源再決定により改善された震源深さ分布に基づき応力場の推定を行った結果，東北沖地震の地震時すべり域の西側において，地震後の応力場がプレート境界を境に上盤と下盤プレートの内部で顕著に異なることが示された．こうした応力場の急変は，地震時すべり域の深部延長のプレート境界沿いでのせん断応力が非常に小さいことを示唆する．この範囲は顕著な余効すべりが進行している領域と一致している．東北沖地震後の上盤プレート内部には，局所的ではあるが深さ方向に広がる地震活動があり，その解析から上盤プレート内部における応力場の深さ変化を検討した．その結果，プレート境界面から離れるにつれて東西引張が弱まっていることで解釈できるような変化が認められた．

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、応力逆解析、余効変動
Keywords: 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Stress tensor inversion, postseismic processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震の震源域北側の大地震発生アセスメント
Assessment for a large earthquake occurrence on the northern side of the focal region of the 2011 off-Tohoku mega-thrust earthquake

*楠城 一嘉[1]、宮岡 一樹[2]、吉田 明夫[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Kazuki Miyaoka[2], Akio Yoshida[3]

1. 静岡県立大学、2. 気象庁、3. 静岡大学
1. University of Shizuoka, 2. Japan Meteorological Agency, 3. Shizuoka University

2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)から8年が経過した。震源域中心部の活動は次第に落ちついてきているが、東北から関東にかけての沿岸域や内陸部では、*M*5～6クラスの地震が、まだ、時折、発生している。いまもなお広範な地域で、東北沖地震前よりも地震活動の高まっている状態が続いているとみられる。

東北沖地震の発生直後には、その震源域の北側あるいは南側で、大地震が続いて発生するのではないかと懸念された。過去のプレート沈み込み境界における*M*9級の巨大地震の後、その隣接域で巨大地震が続いて起きた事例は珍しくないからである。また、松浦(2018)は、北海道東方沖では2008年秋頃から地震活動が静穏化し、2015年夏頃から復活傾向が見えることを示し、こうした地震活動の近年の状況は東北沖地震の発生前における震源域での地震活動の変化と似ていると指摘して、歴史地震の発生履歴も踏まえながら、北海道の南方沖から東方沖にかけての海域で巨大地震が切迫しているのではないかと警告している。ここでは、東北沖地震の震源域の北側の青森県沖合から根室半島沖にかけての海域における地震活動及び*b*値の時空間変化について詳細に検討した結果を報告する。

Tormann et al. (2015) は、東北沖地震後の約3年間のデータを用いた*b*値解析を基に、震源域の応力レベルは、すでに地震発生前の状態に回復しているとして、大地震の発生は固有の周期性を持たずにランダムかもしれないという考えを提議した。これに対して、その後のデータを加えて*b*値の空間分布を再解析した楠城・吉田(2017)は、東北沖地震の震源域では、地震時の大すべり域で前駆的に現れたような*b*値の明瞭な低下(Nanjo et al., 2012)は見えていないことを報告している。一方、震源域の北側、青森県東方はるか沖では、東北沖地震の震源域と比べて*b*値の低い状態が長期にわたって続いている傾向があった。それに加えて、特に*b*値の低い青森県はるか沖合では最近2年間ほど、地震活動が静穏化してきている様子も見えた。

本研究では、青森県沖合だけではなく、根室半島沖の海域を研究領域に含むようして地震活動を解析し、その結果、*b*値が時空間的に大きく変化することが分かった。特に、2003年十勝沖地震後の*b*値が、地震前に比べて低下し、その低い*b*値の領域は広範囲に拡大したことも分かった。本結果は、Nanjo et al. (2012)が指摘する、東北沖地震の震源域の北側における*b*値の傾向と矛盾しない。

こうしたことから、我々は、東北沖地震のような巨大地震が、その震源域で近々に再来する恐れはないものの、*b*値の低下傾向に加えて地震活動の静穏化傾向もみられる東北沖地震の震源域北側では、近い将来に大地震が発生する可能性があると懸念する。

なお、東北沖地震のカップリング域の深い側の沿岸域では、*M*5～6クラスの地震発生頻度が高い状態が続いている。そうした地震の前に、その震源の周辺で、局所的な地震活動の静穏化や活発化、*b*値の低下が認められることがある。地震活動の静穏化や*b*値の低下が地震発生予測に実際に有効であるかどうかは、なお議論があるところであるが、我々は、将来の大地震発生と関連づけて*b*値解析結果を検討する際に、台風の規模を暴風域の範囲と中心気圧の二つの指標で表すように、想定される地震の規模を低*b*値域の範囲とその中心域における*b*値で評価することを提案したい。そして台風の接近が気圧の低下で推測できるように、地震の切迫性を*b*値の低下傾向で評価できるかもしれないと期待している。

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、b値、地震活動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 2011 off-Tohoku mega-thrust earthquake, b value , seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道、日向灘領域における長期的スロースリップ、低周波地震に関連したb値の時空間分布

Spatial and temporal distributions of *b*-values related to long-term slow-slip and low-frequency earthquakes in the Bungo Channel and Hyuga-nada regions, Japan

*千葉 慶太[1]
*Keita Chiba[1]

1. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University

Long-term slow-slip events (SSEs) and low-frequency earthquakes (LFEs) repeatedly occur in the area encompassing the Bungo Channel and Hyuga-nada region in Japan (e.g., Shelly et al., 2006; Ide et al., 2007; Ozawa et al., 2013; Ozawa, 2017). SSEs are slow earthquake events with a duration of months to years, characterized by a type of slip that is considered transitional between the fast rupture of regular earthquakes and stable sliding along a plate interface, and have characteristics sensitive to stress states near the plate interface (e.g., Obara and Kato, 2016). In addition, since LFEs are also thought to occur at the plate interface, it would be useful to infer the stress state in this region. This study focuses on the stress-dependent characteristics of the *b*-value of regular earthquakes, SSEs, and LFEs, as well as the spatio-temporal relationships between *b*-values and these events in this area, using the Japan Unified high-resolution relocated Catalog for Earthquakes (JUICE) (Yano et al., 2017). The *b*-value, which represents the relative proportion of large to small earthquakes (Gutenberg and Richter, 1944), is inversely related to differential stress or effective stress (e.g., Scholz, 1968, 2015; Wyss, 1973; Urbancic, 1992). As a result, the *b*-values are moderate to low (b = 0.6–1.1) in regions with a high incidence of long-term SSEs. This spatial anomaly in *b*-values is attributed to a partial release of the accumulated stress in regions with relatively high differential stress that are characterized by SSEs. In addition, the *b*-values in the Bungo Channel region are relatively higher than those in the Hyuga-nada region. It was also found that the difference of the *b*-values in the vertical direction within the plate for the Bungo Channel region is larger than that for the Hyuga-nada region. These findings support a generation model of LFEs by Nakajima and Hasegawa (2016), in which undrained conditions in the overlying plate are a key factor for generating LFEs. On the other hand, the *b*-values increase and decrease before and during periods of enhanced LFE activity in the Bungo Channel, respectively. The increase and following decrease in *b* -values are thought to reflect episodes of low and high shear strength along the plate interface, which were caused by the presence of abundant fluids supplied from the subducting slab under undrained conditions above the plate interface and the decreased pore pressure related to fluid consumptions by the generation of the LFEs, respectively.

キーワード：b値、応力状態、長期的スロースリップ、低周波地震
Keywords: b-value, stress states, long-term slow slip, low-frequency earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本列島における誤差を考慮したb値の４次元解析
4D b-Value Mapping for Japan

*原田 靖[1]、赤嶺 裕一[1]、安斉 正慶[1]
*Yasushi Harada[1], Yuichi Akamine[1], Masayoshi Anzai[1]

1. 東海大学 海洋学部 海洋地球科学科
1. School of Marine Science and Technology, Tokai University

地震活動の指標の１つであるグーテンベルグ・リヒター式の定数ｂ値は, 高ければ小地震が発生しやすく, 低ければ大地震の割合が多くなると解釈されており，Nanjo et al.(2012)では, 東北地方太平洋沖地震の発生前におけるb値の有意な低下と, 発生後の回復が確認されている．このｂ値の時間変動を含めた日本列島の４次元ｂ値マップを作成し, その変動の様子を観察することを本研究の目的とする．またb値の標準偏差の時空間変動にも着目した. b値の標準偏差の変動は, グーテンベルグ・リヒター則が成り立たない度合いを示している可能性があるからである. 本研究では, 静岡県立大の楠城一嘉氏からb値と標準偏差を計算するプログラムを提供して頂き, それを用いて解析を行った（ここにお礼を申し上げます). まず日本列島全体のb値マップの分布を見てわかることは, 震源が沖合の海域に行くほどb値が小さくなる傾向が見て取れる。これは観測点からの距離が大きくなるほど小さい地震の観測が出来なくなることを意味していると考えられるので, この効果を補正した新たなb値マップを作成した. この結果, 東北地方太平洋沖地震の影響と考えられていたb値の異常値の大部分が取り省かれた. このことからｂ値マップの作成には精度良いb値補正が必要不可欠であることがわかる.

キーワード：日本のb値マップ、４次元解析、b値の標準偏差のマップ、補正式
Keywords: b-Value Mapping for Japan, 4D analysis, maps of SD of b-value, correction formula

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)、座長:武村 俊介(防災科研)

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

9:00 ~ 9:01

Introduction

9:01 ~ 9:23

[SSS11-13] 奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

★招待講演

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5] (1.産業技術総合研究所、2.大阪大学、3.地熱技術開発、4.奥会津地熱、5.石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

9:23 ~ 9:45

[SSS11-14] 地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

★招待講演

*小木曽 仁[1] (1.気象庁気象研究所)

9:45 ~ 10:00

[SSS11-15] 2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2] (1.東京大学地震研究所、2.オーストラリア国立大学)

10:00 ~ 10:15

[SSS11-16] 海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1] (1.防災科学技術研究所、2.海洋研究開発機構、3.東京工業大学)

10:15 ~ 10:30

[SSS11-17] Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space

*Aditya Nitin Deshmukh[1]、Pratik Laxman Borate[1]、Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1]、Nobuki Kame[2]、Ranjith Kunnath[1] (1.Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India 、2.Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan)

奥会津地熱地域における微小地震観測により推定された涵養試験時の流体流動

Fluid flows inferred from microseismic events associated with injection test in Okuaizu Geothermal Field

*岡本 京祐[1]、易 利[2]、浅沼 宏[1]、岡部 高志[3]、阿部 泰行[4]、都築 雅年[5]
*Kyosuke Okamoto[1], Li Yi[2], Hiroshi Asanuma[1], Takashi Okabe[3], Yasuyuki Abe[4], Masatoshi Tsuzuki[5]

1. 産業技術総合研究所、2. 大阪大学、3. 地熱技術開発、4. 奥会津地熱、5. 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Osaka University, 3. Geothermal Energy Research and Development Co., Ltd., 4. Okuaizu Geothermal Co., Ltd., 5. Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

奥会津地熱地域（福島県柳津町）では，2015年度から，蒸気生産量安定化のために涵養注水試験が行われている。注水による地熱貯留層の冷却を避けるためや，より大きな涵養効果を得るためには，注入水の地下での流動把握・予測が重要である。一方で，一般的に地下，特に脆性領域内では複雑な地下構造が発達しており，単純な均質モデルでの流動予測は難しい。その要因として，破砕帯のような高透水域を選択的に通る流動の発生や，せん断破壊による新たな流動経路の生成などが挙げられる。また，後者のせん断破壊においては，間隙内への流体流入による有効応力の低下，注水や微小地震発生に伴う応力変化の伝播，熱変化による応力の発生等，その発生メカニズムを特定することは難しく，新たな流動経路の予測は困難である。

当該地域では，2015年度よりJOGMEC「地熱貯留層評価・管理技術」研究の一環として整備された微小地震監視ネットワークが整備されている。本研究では，これを用いて地下流動の解明を行う。地震波散乱解析から推定した地下間隙内の弾性波速度変化や，注水井底の圧力・温度情報等を用いて，地熱貯留層内の微小地震発生の要因についての考察を行う。

キーワード：微小地震観測、散乱波解析、地熱貯留層
Keywords: Microseismic monitoring, Scattering analysis, Geothermal reservoir

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波エンベロープを用いた西南日本の内部減衰と速度揺らぎの3次元構造推定

3D distribution of intrinsic attenuation factors and random velocity fluctuations in southwestern Japan inferred from seismogram envelopes

*小木曽 仁[1]
*Masashi Ogiso[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

おおよそ1Hzより高周波数帯における地震波エンベロープは、媒質の内部減衰とともに地震波散乱の影響を強く受け、複雑な形状を示す。このような複雑な地震波エンベロープから推定される地下の内部減衰・散乱減衰構造は、我々の地球内部構造の知識をより豊かにするとともに、強震動予測においても重要な情報となる。Ogiso (2019)はエンベロープフィッティングとTakeuchi (2016)のセンシティビティカーネルを組み合わせて、内部減衰と散乱係数の3次元構造の同時推定に挑戦した。本研究では、Ogiso (2019)の手法を発展させ、前方散乱モデルのもとで内部減衰と速度揺らぎの3次元分布の同時推定手法を提案する。

本研究で提案する手法はOgiso (2019)と同様2つのパートからなる。まず、エンベロープフィッティングを用いて、各地震ー観測点ペアごとに最適な減衰パラメータ(内部減衰と速度揺らぎ)を推定する。次のステップとして、得られた地震ー観測点ペアごとの減衰パラメータをTakeuchi (2016)のセンシティビティカーネルを用いて3次元空間に投影していく。

エンベロープの合成には輻射伝達理論とボルン近似にに基づいた非等方な散乱係数を利用した。また、1次元速度構造の効果も取り込んでいる。

提案した手法を用いて西南日本の3次元減衰構造を推定した。使用した地震はM3.0-4.5、深さ90km以浅の328個、使用観測点はHi-net236点である。得られた構造には次のような特徴が見られた; (1)九州地方は内部減衰・速度揺らぎとも他の地域より大きい、(2)特に中国地方で明瞭であるが、下部地殻が上部地殻より内部減衰・速度揺らぎとも小さい、(3)四国地方で内部減衰にのみ水平不均質性が見られる。(1)はTakahashi et al. (2013; 2014)と共通の特徴とみられ、九州地方の活火山や活構造等、活発なテクトニクスを反映しているものと考えられる。(2)は南カリフォルニア(Wang and Shearer, 2017)と同様であり、地殻に一般的にみられる特徴かもしれない。(3)はKita and Matsubara (2016) と共通の特徴のように見える。この内部減衰の水平不均質はこの地域で発生しているスロースリップの地域性と関連がある可能性があり、興味深い。

謝辞

本研究にあたり、防災科研Hi-netの波形を使用しました。また、JSPS科研費JSPS科研費JP17H02064及びJP18K13622の援助を受けています。

キーワード：地震波エンベロープ、地震波散乱、地震波減衰構造、西南日本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: seismogram envelope, seismic wave scattering, seismic attenuation structure, southwestern Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2013年５月24日オホーツク海深発地震（610 km, Mw8.3）による近地～遠地強震動

Regional to teleseismic strong ground motions from a 610 km deep 24 May 2013 Sea of Okhotsk earthquake

*古村 孝志[1]、Brian Kennett[2]
*Takashi Furumura[1], Brian LN Kennett[2]

1. 東京大学地震研究所、2. オーストラリア国立大学
1. Earthquake Research Institute The University of Tokyo, 2. Research School of Earth Sciences, The Australian National University

１．はじめに

2013年５月24日にカムチャッカ半島の西方の深さ610 kmで発生したMw8.3の深発地震（オホーツク海深発地震）では、北海道宗谷郡猿払村や秋田市で最大震度３の揺れを観測したほか、震源から3000 km離れた鹿児島県でも震度１を観測するなど、日本列島全域が揺れた。また、震源から6000 km離れたドバイやインド北部、カリフォルニアでも揺れが報告されたほか、モスクワでは建物から人が避難する事態となった。Kuge (2015)は、遠地地震波形を解析し、遠地の顕著な揺れがP波放射パターンと関連する可能性を1994年ボリビア深発地震における同様の現象（Anderson et al, 1996）と比較して議論している。本研究では、オホーツク海深発地震による地震波伝播の特性を日本列島の高密度観測データ（F-net，Hi-net）と全地球の広帯域観測データ（IRIS DMC）の解析と、３次元差分法に基づく地震波伝播シミュレーションに基づき検討した。

２．日本列島の強震特性

日本列島の波動伝播特性を、F-net広帯域強震計、及び、特性補正フイルタ（Maeda et al., 2011）を用いてSTS-2広帯域地震計特性に変換したHi-net地震計データを用いて評価した。最大速度分布を描くと、大きな震度を観測した猿払村と秋田市を中心に、最大10 cm/sを越える地動分布が得られた。地動は日本海側で大きく、一般に深発地震で見られる太平洋岸の大きな揺れ（異常震域）とは逆の分布を示した。地動速度は震源距離とともに単調には減衰せず、震源距離2000 km付近に第２の震幅のピークが見られた。

深い（610 km）震源から放射される地震波は、近地には地表に向け上方向に放射されものが、遠地では下部マントルに向けて下方に放射されたものオーバラップして到達する。レコードセクションを見ると、震源距離2000 km付近で二つのS波が同時に到着（near caustics）して大振幅の波群を形成していることが解った。また、地表に臨界角で入射したS波は、大振幅のsP変換波を生成し、地殻を広角反射しながら3500 km付近まで伝播し（sPmP波）、またS波とカップリングして長い波群（S-PL波）を作っていた。さらに、震源距離3000 km以遠に、地表で反射したSS波が深部マントルを伝わり再び地表に到達して、第３の振幅ピークを作っていることも確認できた。深発地震による特異な距離減衰は、2013年サハリンの深発地震（Mw7,7; 600km）などでも確認できた。

３．深発地震の強震動シミュレーション

ak135標準地球モデルを用いた地震波伝播シミュレーションより、震源距離1000～3000 kmで観測された大振幅の相（S, sP, SS等）の伝播過程を確認した。S波のcausticsやsP変換波により作られる、第２の振幅ピークは震源深さにより変化し、深さ200～610 kmの深発地震ではおよそ1500～3000 kmとなる。また、sP波やSS波の変換・反射効率は地殻の厚さに敏感であり、厚い大陸地殻ではSS反射波が大きくsPは小さい、そして、地殻の薄い海域ではこの逆となる。日本列島で観測された大振幅のSS波は、比較的厚い（20～30km）オホーツク海下の地殻で反射した結果であり、伊豆一小笠原諸島や北西太平洋の観測点での大振幅のsP変換波は、薄い海洋地殻での反射によるものである。

次に、太平洋プレートモデル（横田・他、2017）を組み込み、千島海溝～日本海溝の３次元構造の波動伝

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

播に与える影響を確認した。High-Vプレートを伝わるS波が周囲のLow-Vマントルへ屈折することで、観測に見られたように日本海側で振幅が大きくなる効果が認められた。これは、High-Qかつ不均質なプレート構造が、高周波数（> 1-2 Hz）地震動に対して働く導波効果（Furumura and Kennett, 2005; 2008）とは別のものである。導波効果は、遠地かつプレートを横切って伝わる長周期の地震動成分に対しては弱いと考えられる。

４．数千キロでの揺れは長周期地震動？

さらに、遠地での地震波伝播特性をIRIS DMCの広帯域波形により調べたところ、SS波による第３の震幅のピークは3500 kmをピークに現れ、その後、振幅が緩やかに減衰しながら、SSS波により7000 km付近に次の緩やかなピークが現れることが確認された。

オホーツク海深発地震では、かなり遠地（4000-6000 km）で揺れが報告されているが、その原因は、長周期のSS波やSSS波による可能性がある。建物からの避難騒ぎがあったモスクワに近いオビニスク地点（OBN；6050 km）の長周期地震動成分は、固有周期3.5秒で0.7 cm/sの速度応答スペクトルを持ち、堆積平野での長周期地震動の増幅が起きれば、長周期地震動震度階級１（>5 cm/s）の基準を満たす揺れとなる。

キーワード：深発地震、強震動
Keywords: Deep earthquake, Strong ground motion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み

Trial estimation of eclogitization depths within subducting oceanic crust of the Philippine Sea slab inferred from head wave propagating along the oceanic Moho

*武村 俊介[1]、利根川 貴志[2]、中島 淳一[3]、汐見 勝彦[1]
*Shunsuke Takemura[1], Takashi Tonegawa[2], Junichi Nakajima[3], Katsuhiko Shiomi[1]

1. 防災科学技術研究所、2. 海洋研究開発機構、3. 東京工業大学
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology , 3. Tokyo Institute of Technology

海洋プレート上部に低速度層として存在する海洋性地殻は，沈み込みに伴う脱水反応によりエクロジャイト化することで，深い部分では海洋マントルと同程度の地震波速度となることが予想される（例えば，Fukao et al., 1983 Nature; Abers et al., 2003 GRL; Hacker et al., 2003 JGR）．本研究では，海洋モホを伝播する屈折波を用いて，フィリピン海プレートの海洋性地殻がエクロジャイト化する深さを拘束することを試みる．

海域で発生する海洋モホより浅い地震時に，陸域で観測される初動は海洋モホを伝播する屈折波となることが知られている（Takemura et al., 2016 EPS）．例えば，2016年4月1日に三重県南東沖の地震時に陸域のHi-netで観測された初動走時は，震央距離70~200 kmにおいて見掛け速度7.2 km/s程度の屈折波P_{PHS}が明瞭に確認できる．震央距離200 km以上では，見掛け速度8 km/s以上と海洋マントルに対応した初動走時となる．このような見掛け速度の距離変化は，マントル以深の地震波速度構造に起因すると考えられる．

現実的な構造を仮定した2次元差分法による地震動シミュレーションにより，初動走時の特徴を調べる．地殻構造はF-net 1D構造（Kubo et al., 2002 Tectonophys.），フィリピン海プレート上面形状はHirose et al. (2008 JGR)を採用し，プレート上面から深さ方向に7 kmの領域を海洋性地殻としてシミュレーションを行った．海洋性地殻を深部まで低速度層として存在させると，P_{PHS}が遠方まで初動として伝播し，観測された初動走時の特徴を説明できない．そこで，海洋性地殻が海洋マントルと同程度まで高速化し，海洋モホがある深さで消失したとしてシミュレーションを行った．海洋モホの消失する深さを様々に変えたシミュレーションから，海洋モホが消失する深さに依存して初動走時が変化することがわかった．海洋性地殻のエクロジャイト化により海洋モホが深さ52 km以深で速度コントラストを持たなくなり，初動がP_{PHS}から海洋マントルに対応したP波に変わるため，初動走時が変化する．海洋モホの消失する深さを52 kmとした時に，初動走時の再現性が最も良くなった．この深さは，Kato et al. (2014 EPS)による紀伊半島下のフィリピン海プレートの海洋性地殻のエクロジャイト化する深さと整合的である．

以上のことから，海域で発生した海洋モホより浅い地震とモデルシミュレーションの比較から，海洋モホの速度コントラストが消失する深さを拘束できることが期待される．海洋モホの消失は沈み込みに伴う脱水反応が原因と考えられ，海洋性地殻のエクロジャイト化と関連があると考えられ，沈み込む流体の移送過程を知るヒントとなる．

謝辞
F-net MTカタログとHi-net速度波形を利用したました．地震動計算には地球シミュレータを利用しました．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：南海トラフ、フィリピン海プレート、海洋性地殻、エクロジャイト化、屈折波
Keywords: Nankai Trough, Philippine Sea Slab, Oceanic crust, Eclogitization, Head wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Transient gravity perturbations due to a buried gravitational source in a homogeneous elastic half space

*Aditya Nitin Deshmukh[1], Pratik Laxman Borate[1], Abhishek Venkatesh Chitgopkar[1], Nobuki Kame[2], Ranjith Kunnath[1]

1. Mahindra Ecole Centrale, Hyderabad, India , 2. Division of Theoretical Geoscience, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Japan

Earthquake ruptures induce transient deformations which result in changes in the gravity field (Harms, *et. al* (2015)). Prompt elastogravity signals due to the earthquake source arrive before any seismic wave from the source and it has been proposed that these signals could be used for earthquake early warning systems. In this work, we study the model of a buried gravitational load in an isotropic, homogenous elastic half-plane or half-space. The response at the surface is determined for a suddenly applied gravitational line-load in an elastic half-plane. Also, the response at the surface is calculated for a suddenly applied gravitational point-load in an elastic half-space. Due to the gravitational field induced by a suddenly applied line-mass, every point in the half-plane acts as a source by itself. The elastic response due to each point in the half-plane is calculated using the solution of Garvin (1956) for a buried line blast load in an elastic half-plane. The total response at the receiver point on the surface of the half-plane is determined numerically by the convolution of Garvin’ s solution with the gravitational force. Similarly, the elastogravitational response to a suddenly applied point mass in a half-space is determined using the solution of Johnson (1974) to Lamb’ s problem of a source buried in a half-space. We show that in both these models, prompt gravity signals are obtained.Earlier, Kame and Kimura (2018) had considered the elastic response to a suddenly applied point mass in an unbounded medium. They showed that the ground acceleration at any receiver point is exactly cancelled by the gravity perturbation during the entire duration of the prompt period so that a gravimeter at the receiver will not detect any prompt signals. This appears to be a peculiarity of the model of an unbounded medium.

References:

Harms, J., Ampuero, J.-P., Barsuglia, M., Chassande-Mottin, E., Montagner, J.-P., Somala, S. N. and Whiting, B. F. (2015). Transient gravity perturbations induced by earthquake rupture, *Geophys. J. Int.* **201**, 1416-1425.

Garvin, W. W. (1956). Exact transient solution of the buried line source problem, *Proc. R. Soc. Lond. A* **234**, 529-541.

Johnson, L.R. (1974). Green’ s function for the Lamb’ s Problem. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **37**, 99-131.

Kame, N. and Kimura, M. (2018). The fundamental nature of a transient elastic response to prompt gravity perturbations, submitted to *Geophy. J. Int.*

Keywords: Geomechanics , Elastogravity, Transient deformation, Computational mechanics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth's background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み –地震動シミュレーション波形を用いた検討–

Estimation of Love wave phase velocity based on array analysis in the northern Tokyo bay area : Numerical experiments using synthetic seismograms

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kaori Shimazu[1], Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

関東堆積盆地は厚さ数km以上の堆積層に覆われているため，周期数秒以上のやや長周期地震動（以下，単に長周期地震動）が頻繁に観測される[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．長周期地震動を引き起こす表面波は，堆積層と地震基盤の3次元的な不均質構造の影響を受けて，空間的に複雑に伝播することが知られている[例えば，Furumura and Hayakawa (2007)]．表面波の伝播特性の解明と堆積盆地構造の正確な把握は長周期地震動の予測精度向上のために重要であり，その方策のひとつとして関東平野に高密度に設置された地震観測点を利用したアレイ解析が考えられる．本研究では，地震観測記録を用いた表面波の伝播特性の把握と堆積盆地構造の推定を目指して，ビームフォーミング解析によりLove波の位相速度を求める試行的な実験を地震動シミュレーションの速度波形を対象に実施した．

データと解析方法

2011年3月19日の茨城県北部の地震（M_W 5.8），2013年2月25日の栃木県北部の地震（M_W 5.8），2014年11月22日の長野県北部の地震（M_W6.3）など方位の異なる複数の地震を解析対象とした．地震波速度構造モデルSBVSM[増田・他 (2014, 地震学会); Takemura *et al.* (2015)]，F-net MT解によるダブルカップル型の点震源を用いて，差分法に基づいた地震動シミュレーションを実施した．同シミュレーションでは，4356点の仮想観測点（以下，高密度仮想観測点; 北緯35.5～35.9度，東経139.4～139.9度，750 m間隔）における地動速度波形を合成した．

ビームフォーミング解析[Riahi *et al.* (2013)]では，高密度仮想観測点を用いて局所的な小アレイを構成し，水平動成分（NS成分とEW成分）の速度波形を一括して解析した．小アレイのサイズは，解析周期（5.9，6.4，7.3，8.5，10.2，12.8秒）によって6～24kmの範囲で変化させた．解析時間は，水平動成分のエネルギーエンベロープが最大になる時間を中心に51.2秒間とした．ただし，評価結果の解析時間依存性について検討するために，この設定時間を変化させた解析も行った．

解析結果

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の大きさは，SBVSMを局所的に水平成層構造で近似して求めたLove波の基本モードの位相速度の大きさと概ね一致した．求めた分散曲線では，正分散の特徴も明瞭に確認された．このような結果より，ビームフォーミング解析によって，堆積盆地内を複雑に伝播するLove波の位相速度を概ね正確に評価できることが示された．

位相速度の評価では，周期5.9秒においてその値が特に安定して求まった．同周期は，中規模の地震による関東堆積盆地内の長周期地震動の卓越周期に対応する[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．また，この安定性は，2013年2月25日の栃木県北部の地震において広域にわたって確認された．このことは，同地震が横ずれ型の浅発地震であるため，Love波の基本モードが強く励起されて伝播したためと考えられる．また，本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

解析で確認された，長周期地震動のPGVの大きい地域において位相速度が安定して求まる傾向も，関東堆積盆地内の長周期地震動がLove波の基本モードによって特徴付けられることを示唆している．

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の空間変化は，周期5.9，6.4，7.3秒において，SBVSMの関東堆積盆地内における東西方向のLove波の基本モードの位相速度の変化と整合した．しかしながら，周期10 秒以上では，安定した位相速度の評価が困難であった．この要因としては，解析に使用した小アレイのサイズが大きくなり，水平方向の構造変化（位相速度変化）の影響を強く受けるようになることが考えられる．本研究では，この他に，地震によっては特定の地域で位相速度が過大評価されることを確認した．解析結果の詳細については，発表時に紹介する．

謝辞

地震動シミュレーションには海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました．地震の発震機構には防災科学技術研究所のF-net MT解を使用しました．

キーワード：Love波、関東堆積盆地、アレイ解析、位相速度、地震動シミュレーション
Keywords: Love wave, Kanto sedimentary basin, array analysis, phase velocity, FDM simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定
Similutanious estimation of amplitude and travel time variation in the transfer function with ACROSS

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2]
*Shuhei Tsuji[1], Koshun Yamaoka[1], Takahiro Kunitomo[1], Toshiki Watanabe[1], Ikuta Ryoya[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

概要

人工震源装置ACROSSにより得られた伝達関数(グリーン関数)の振幅変化と走時変化を同時に推定する手法を開発した。

背景

地震波の振幅変化は実験室レベルの研究では、断層面を透過する波の透過率が断層面の強度と良く対応することなどが知られており(例えば、Nagata et al., 2008)、その変化を調べることは重要である。しかし、地震波の伝播速度変化をクロススペクトル法により議論した研究は多くあるが(例えば、Ikuta et al., 2002; Hobiger et al., 2016)、振幅変化を扱ったものは多くない。また、ACROSSの解析においても従来は時間領域でenvelopeを用いた解析が行われていた。しかし、この方法はノイズが信号強度を見かけ上大きく見せてしまうという欠点があった。そこで、本研究では、伝達関数の振幅変化と走時変化を同時に推定可能で誤差評価もできる新たな手法を開発した。

方法

振幅変化と走時変化の同時推定は、振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定して、複素平面上での最小二乗推定で実現した。評価関数には、各期間の伝達関数を全期間の平均でデコンボルーション（周波数領域における割り算）して得た関数(変化関数)を用いた。従来の走時変化を求める研究では、周波数領域での掛け算(クロスコリレーション)をもちいているため、振幅の情報が失われていた。本手法では振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定し、さまざまな振幅変化と走時変化を持つ変化関数モデルを計算し、実際の変化関数との複素平面上の長さが最小になるものを見つけるというグリッドサーチによる推定を行った。これにより、各周波数のデータの信号ノイズ比が1を下回るようなノイズが大きなデータでも振幅変化や走時変化が推定できる。また、変化関数の誤差は、複素平面上で同心円状の確率密度分布を持つことを利用して、得られた振幅変化と走時変化のノイズ評価を行うことができた。

結果と考察

本研究では、この手法を岐阜県土岐市にある人工震源装置ACROSSのデータに適用し、周辺のHi-net観測点で得られた伝達関数に適応した。その結果、振幅変化と走時変化を同時に推定することができ、本研究の手法で得られた走時変化と従来のクロススペクトル法で得られる走時変化はおおむね誤差の範囲で等しいことも確認できた。一方で、振幅変化の平均が、伝達関数の平均値でデコンボルーションをしているにもかかわらず1にはならない場合があった。これは、複素平面上でのフィッティングの結果を、振幅と位相で解釈をしている数学的扱いが原因と思われる。

キーワード：振幅変化、走時変化、速度変化、人工震源装置、ACROSS
Keywords: Deviation of the amplitude, Deviation of the tarvel time, velocity change, Artificial seismic source, ACROSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

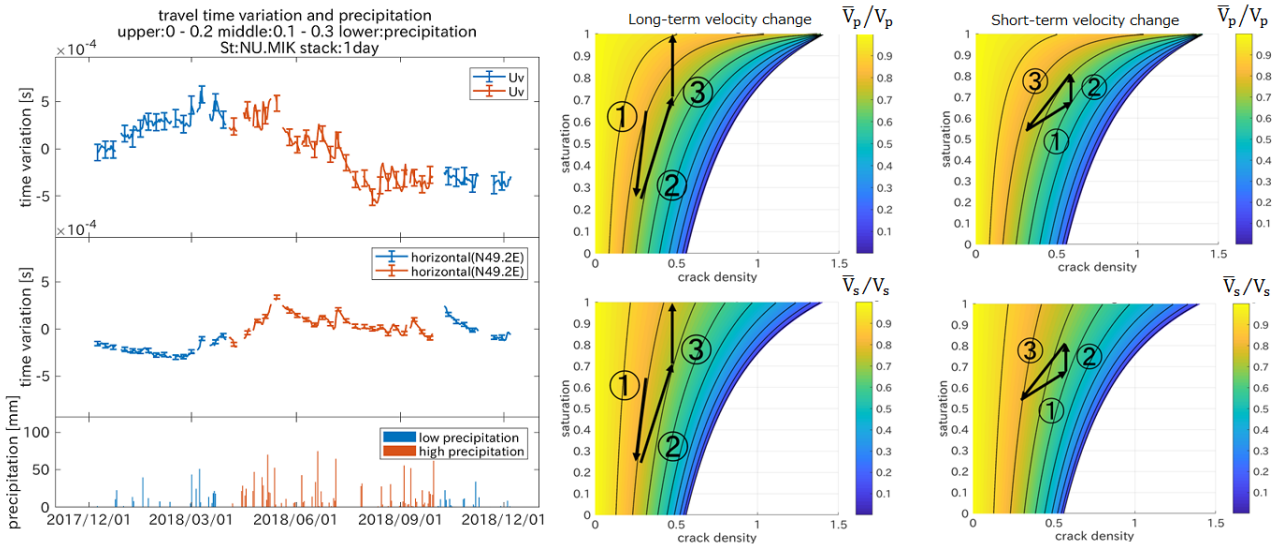
アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出
Temporal variation in travel time of P and S-waves using ACROSS

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2]
*rina suzuki[1], Koshun Yamaoka[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Earthquake and Volcano Research Center,Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University

精密に制御された振動を繰り返し発生させることができる人工震源アクロスによる1年間の観測記録を用いてP波およびS波の走時の時間変化についての解析を行った。本研究で用いた新型アクロス(ACR2014)は愛知県豊橋市に設置されており、回転軸が水平であるため、水平加振だけでなく鉛直方向の加振も行うことができ、従来型よりもP波をよく励起できるという特徴がある。ACR2014の周辺に設置されているNU.MIK, N.THNH, N.MKBHの3観測点の記録を用いて伝達関数を計算した。得られた伝達関数の成分のうち、P波では上下方向の加振による上下成分の記録、S波では水平方向の加振による水平成分の記録を選択した。これらの成分の伝達関数から、クロススペクトル法を用いてP波とS波それぞれの走時変化を計算した。なお、計算にはP波、S波部分としてそれぞれ0.2~0.3秒の範囲を使用した。得られた走時変化を豊橋、三ケ日のAMeDASの降水量の記録と比較すると、NU.MIKでは降水時にステップ的な遅れが生じ、その後回復していくという短期的な変化がP波とS波両方で見られた。このときの回復の傾向はP波とS波で異なっていた。一方、長期的変化の傾向は複数観測点においてP波とS波で異なっていた。このような短期的、長期的な走時変化について、クラック密度と含水クラックの割合の変化と地震波の速度変化の関係を用いて走時変化への降水の影響についての解釈を試みた。クラック密度と含水クラックの割合の変化に伴う速度変化の大きさはP波とS波で異なるため、降水量の多い時期は含水クラックが増加、降水量の少ない期間は含水クラックが減少すると仮定すると、P波とS波で異なる長期的な走時変化を定性的に説明できることがわかった。また、降水時の短期的な走時変化と、P波とS波の回復の違いも長期的変化の場合と同様の仮定によって定性的な説明が可能であった。

キーワード：走時変化、速度変化
Keywords: travel time variation, velocity change



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

Inversion analysis of S coda wave envelope based on radiation transfer theory - Estimation of heterogeneous structure of Izu Oshima volcano -

*植田 尚大[1]
*Takahiro Ueda[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

短周期地震波の観測波形は、その波長スケールに対応する地殻中の不均質な構造に強く影響を受けることがよく知られてる。人工地震源や地震波干渉法など地表面付近の震源を利用した解析では、火山体の浅部堆積物等によって強い不均質性が顕著に現れることが報告されている。一方で、火山構造性地震を利用した解析例は少なく、火山体のやや深部領域（～10km）までの不均質構造の特徴が明らかになっているとは言えない。そこで、本研究では、火山体を一様な不均質媒質と捉えて解析するradiative transfer thoeyに基づくMultiple Lapse Time Window法（Fehler et al. 1992）をもとに、不均質構造を表す散乱減衰と内部減衰値と、解析する地震の地震波輻射エネルギーとサイト増幅特性も求めるインバージョン法を開発し、伊豆大島の火山構造性地震のデータに適用したので報告する。

解析には、伊豆大島のV-net観測点4点で記録された地震波形を用いる。2014年1月から2018年1月までに発生したMw1.5からMw3.5、深さ10km以内の地震150イベントを解析した。地震波形には1-2Hz,2-4Hz,4-8Hz,8-16Hz帯のバンドパスフィルタを施し、それぞれの周波数帯でS波の直達波およびコーダ波のエンベロープ波形を求める。火山体の不均質性を内部減衰と散乱減衰で表し、S波の多重等方散乱の輻射伝達理論に基づきグリーン関数を計算する。その振幅は地盤増幅係数とエネルギー輻射量の積によって表現される。そこで、観測波形および理論エンベロープ波形の対数をとり、線形逆問題を解くことで、エネルギー輻射量および地盤増幅係数を求める。本研究ではさらにインバージョンから求められたエネルギー輻射量と地盤増幅係数を利用して観測エンベロープに対しフィッティングを行い、内部減衰と散乱減衰を再決定する。この操作を繰り返すことで、観測エンベロープに最もよく合う理論エンベロープを導出する。この時、輻射エネルギーの初期値を理論エンベロープのS波到達時刻から計算し、また地盤増幅係数の初期値を、コーダ規格法から求めた。同様の手法はEulenfeld and Wegler(2016)で提案されているが、本研究は2段階のステップを踏むことでパラメータのトレードオフを抑えることができる。

解析の結果、1-2Hz、2-4Hz、4-8Hz、8-16Hz帯で、散乱減衰はそれぞれ0.0393、0.0210、0.0027、0.0001となり、内部減衰は0.0054、0.0056、0.0029、0.0006と求められた。この結果を用いて、エンベロープのインバージョンおよびエンベロープフィッティングの繰り返し操作を行い、理論エンベロープを導出したところ、観測されたエンベロープとの間の分散は0.3程度となった。同様の手法を用いて得られた日本の地殻構造の平均的な値（Calocoré and Sato, 2010）と比較すると、内部減衰の値はほぼ同じである。一方、散乱減衰の値は1.5Hz付近の低周波数領域では10倍程度大きくなった。また、極浅部の結果（Yamamoto and Sato., 2010, Hirose et al., 2019）と比較すると1～2桁程度小さい

以上の結果を踏まえて、伊豆大島においては日本の地殻と比較して散乱減衰が内部減衰に比べて卓越しており、このことは活火山周辺で散乱減衰が大きいという先行研究の結果と調和的であり、地殻の浅い部分の微小な不均質構造の影響が強く現れたと考えられる。また、本研究で提案したエンベロープインバージョン法によって理論エンベロープがよく求まり、輻射エネルギーおよび震源の輻射エネルギーを評価する手法として有効であることが示された。

本研究ではNIED V-netのデータを使用いたしました。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：コーダ波、火山体
Keywords: coda wave, volcanic structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性
Strong motion characteristics at Nagomi-machi, Eta, during the northern Kumamoto pref. earthquake of Jan. 3rd, 2019

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志
*Tomotaka Iwata[1], Kimiyuki Asano[1], Masayuki Yoshimi[2], Takeshi Sugiyama

1. 京都大学防災研究所、2. （国研）産業技術総合研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

We estimate ground motion characteristics of Eta, Nagomi-machi, Kumamoto, during the 2019 Jan. 3rd northern Kumamoto earthquake (MJ5.5). The JMA seismic intensity of 6weak was observed at the site. Before this event, we have conducted the microtremor array measurement and obtained that the thin (about 20m) superficial layer with a S-wave velocity of less than 0.2km/s. We also estimated site amplification factor by the spectral inversion method (Somei et al., 2018). The site amplification factor shows the predominant period of about 0.4s for weak motion data. After the mainshock, we have conducted additional microtremor array measurement to give a more in-detail information in the area and single station H/V observations just beside of the seismic intensity meter and outside of the building for checking the effects of station setting of this site. In this moment, there is no significant effect of the station setting because of the similar H/V spectral ratio between the site and the one outside of the building in this period range. We also noticed that the predominant period of observed horizontal motions of the mainshock is about 0.5s, that is a little bit longer than that of the site effect for the weak motions. This would be caused by the non-linear behavior of the superficial layer during the strong shaking. Strong motion data are provided by JMA and Kumamoto prefecture. Microtremor observations and spectral inversion were conducted by the Comprehensive Research Project for the major active faults related to The 2016 Kumamoto Earthquake (2016FY-2018FY), Mext.

キーワード：2019年1月3日熊本県北部地震、和水町江田
Keywords: 2019 Northern Kumamoto prefecture earthquake , Eta, Nagomi-machi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－

Effects of the heterogeneous crustal structure on the amplitude fluctuation of high-frequency seismic waves

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

近地地震の高周波数帯（約1 Hz以上）の直達波には，地殻構造の短波長のランダム不均質性（地震波速度の数%程度の揺らぎ）の影響による振幅のばらつきが見られる（Yoshimoto et al., 2015）．この現象の震源付近（震源距離40 km程度以下）における特徴は，均質な背景構造にランダム不均質性を重畳したモデルによって概ね説明できる．しかしながら，解析対象領域が広くなると，単純な背景構造モデルでは，地震波の伝播経路の複雑化を表現できなくなる可能性がある．本研究では，地殻内地震を対象にした地震動シミュレーションに基づいて，解析対象領域が広い場合に，背景構造としての不均質な３次元地殻構造がS波振幅のばらつきに与える影響について調べた．

計算・解析手法

西日本の中国地方で発生する地殻内地震を想定して差分法による地震動シミュレーションを実施した．技術的な詳細はTakemura et al. (2017)と同様であり，計算領域の大きさは256×256×80 km^3，格子間隔は0.05 kmとした．計算時間間隔は0.0025 sとした．観測点は間隔5 kmでグリッド状に2601点配置した．背景の3次元地震波速度構造には全国１次地下構造モデル（JIVSM; Koketsu et al., 2012）を使用し，地殻内にTakemura et al. (2017)によるランダム不均質性（指数関数型，揺らぎの大きさ3%，相関距離1 km）を重畳した．対象とした地震は2011年11月25日に島根・広島県境の深さ14 kmで発生した横ずれ型の地震で，震央の位置を固定し，震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを実行した．ダブルカップル型の点震源，継続時間0.1秒のcos関数型震源時間関数（Maeda et al. 2017）を使用した．得られた速度波形に0.5-1, 1-2, 2-4 Hzのバンドパスフィルターを適用して最大地動速度振幅（PGV；以下，単に振幅）を求め，その空間変化を詳しく調べた．

結果・議論

横ずれ型の発震機構の震源輻射の影響で，震源付近では大きな振幅が十字型の方位分布で観測された．この十字型の見掛け輻射特性は，震源距離の増大とともに，地殻構造のランダム不均質性の影響で不明瞭になった．このような特徴は，散乱モデルや観測記録からも確認されている（Yoshimoto et al., 2015; Takemura et al., 2016）．震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを行うと，特定の深さでは見掛け輻射特性が非対称的に崩れることが確認された．震源距離に対して振幅をプロットすると，非対称的な崩れの発現によって，振幅のばらつきが有意に大きくなることが分かった．このような解析結果は，地殻構造のランダム不均質性の影響では説明できない．そこで，地表地形，コンラッド面，モホ面などの設定条件を変えて地震動シミュレーションを実行した．その結果，震源がコンラッド面の上方に近接する場合に，コンラッド面のS波反射の影響によって見掛け輻射特性の非対称的な崩れが発現することが確認された．以上の結果は，震源距離40 km程度以上では，地殻構造の不均質性の一要因として，コンラッド面（地震波速度変化10%程度）がランダム不均質性と同様に，地殻内地震の強震動に大きなばらつきを引き起こす可能性を示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：高周波数地震動、振幅のばらつき、地殻構造の不均質性、コンラッド面、地震動シミュレーション
Keywords: High-frequency seismic ground motion, Amplitude fluctuation, Random crustal heterogeneity, Conrad discontinuity, Seismic ground motion simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

Long-duration long-period ground motion in Hokkaido during off-Tohoku earthquakes (2) Roles of crust and Pacific slab

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3]
*Shinako Noguchi[1], Takuto Maeda[2], Takashi Furumura[3]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2. 弘前大学大学院理工学研究科、3. 東京大学地震研究所
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

比較的規模の大きな（M>6.5）東北地方太平洋沖の地震の際に，北海道で大振幅かつ長周期の後続相が観測された．これは野口・他（2017, JpGU）で報告された，石狩平野から太平洋沖にかけての大規模堆積盆地による長周期の後続相とは異なり，堆積盆地以外にも北海道の広い範囲で観測された．本研究では，3次元地下構造モデルを用いた差分法による地震波動伝播シミュレーションにより発見された新たな長周期後続相の生成メカニズムについて述べる．

この長周期の後続相は，東北地方太平洋沖で発生した地震の際に，南西部の数点を除く北海道のF-net観測点全般で観測された．一方，この後続相は東北地方の内陸地震，東北沖のアウターライズ地震や，より北海道に近い地点で発生した地震の際には観測されなかった．この後続相の卓越周期は，地震によって異なるが概ね15～25秒であった．観測波形の特徴はradial成分・vertical成分とtransverse成分によって異なり，それぞれRayleigh波およびLove波とみられる．概してLove波の方がRayleigh波より到達が早く，またより長い周期を示した．これらの波形は両者ともに正の分散を示した．

この後続相の成因を解明するための波動伝播シミュレーションには，差分法のプログラムパッケージOpenSWPC（Maeda et al., 2017）を使用した．モデル構造には海水，地形，堆積層を含むJIVSM（Koketsu et al., 2012）に加え，Matsubara et al. (2017)による日本付近のモホ面深さのモデルおよびKita et al. (2010)による太平洋スラブ上面深さモデルを使用した．

波動伝播シミュレーションにより，以下の2つの現象が明らかになった．ひとつは，日本海溝の西側に沿って南北に伝播するRayleigh波の後続相である．この後続相のうち北へ向かう方は，石狩沖の堆積盆地で転換され，北海道に広く伝播した．もうひとつは，日本海溝と千島海溝の会合点付近に現れたLove波で，これは上記のRayleigh波より少し早く北海道へ広く伝播した．

これらの現象の背景を探るため，東北沖から北海道にかけて表面波の群速度・位相速度の分布を調べた．まずRayleigh波（周期20秒付近）については，日本海溝の西側に帯状の低速度帯がある事が分かった．これは地下の太平洋スラブ上面の低速度層に起因するもので，Rayleigh波の低速で長く続くガイドウェーブを発生させ得る．Love波についてはこのような低速度帯はみられなかったが，大陸と海洋の地殻の厚さの違いに起因して，海溝の海側と陸側に著しい速度コントラストがみられた．このような場合，Love波の波線は低速度側へ屈折する．それらが北海道沖の日本海溝と千島海溝の会合点に到達すると，そこから北海道側へ放射されると考えられる．

以上より，東北沖の地震の際に北海道で広く観測される大振幅・長周期の後続相の原因は，石狩平野から太平洋沖の大規模堆積盆地だけでなく，東北沖から北海道にかけての地殻および太平洋スラブの構造にも起因するという事が明らかになった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：長周期地震動、沈み込み帯、波動伝播シミュレーション
Keywords: Long period ground motion, Subduction zone, Wave propagation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation –a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1], Yuancheng Gung[2], Ling-Yun Chiao[3]

1. Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan., 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan., 3. Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Over the past decade, the probing of Earth structures using seismic ambient noises has been widely used by seismologists and is now a well-developed technique. Based on an implicit high-frequency approximation, the consensus is that the noise cross-correlation function (NCF) of continuous seismic records resembles the Green’ s Function (GF) of the far-field surface wave between sensors. This perspective leads to the application of the long interstation distance criterion in the dispersion measurements, and, accordingly, much of the low-frequency content in the NCF is rejected. Herein we show that, for a far-field source, the NCF used in most surface wave studies should not be considered as representative of the empirical Green’ s Function (EGF); instead, it is simply the interference product between sensors. We present a theoretical derivation of an explicit definition for a “high-frequency approximation” and clarify the relationship between the NCF and the EGF. Furthermore, we propose a new method to measure the NCF dispersion, in which the phase velocity is estimated by matching the peak delay time observed in the time domain NCF to the one predicted by the theoretical complex NCF signals. In this hybrid peak time matching technique, the long interstation distance is no longer a required condition and phase velocities can be determined more precisely at lower frequencies. Therefore, this permits the investigation of deeper structures using noise data.

Keywords: phase velocity measurement, Empirical Green’ s Function, ambient noise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波可聴化による動的誘発地震の探索
Dynamic Triggering Earthquakes Exploration by Sonification of Seismograms

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3]
*Takahiko Uchide[1], Yota Morimoto[2], Masaki Matsubara[3]

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3. 筑波大学図書館情報メディア系
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Institute of Sonology, Royal Conservatory of the Hague, 3. University of Tsukuba

われわれは動的誘発地震探索のための地震波可聴化を提案してきた(内出ほか, JpGU, 2016, 2018; Matsubara et al., 2016)。2011年東北地方太平洋沖地震の可聴化では、岐阜県飛騨地方における動的誘発地震を聴き取ることに成功した。地震学者が地震波可聴化をしやすくなるよう、Sonification of Seismograms (SoS)システムを構築している(Uchide et al., JpGU, 2018)。SoSでは、短い時間窓の中での地震波形の最大の絶対値と零交差の個数に応じた振幅と音程の音を割り当てることで可聴化を行っている。

本研究では、近年の大地震による動的誘発地震をSoSによる可聴化により探索した。2011東北地方太平洋沖地震では、飛騨地方での動的誘発地震はM 4.2であり、比較的大きいものであった(大見ほか, 2012)。より小さい動的誘発地震を見つけ出すことは、より難しくなる。観測点の地域を限って可聴化することで、動的誘発地震が発生した場所、していない場所を特定できると考えられる。

ポスターでは、可聴化音を聴く機会を提供するほか、SoSのデモンストレーションも行う。

謝辞

本研究では、Global CMTカタログと防災科学技術研究所のHi-net、気象庁、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所の地震波形データを使用しました。本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究(B)）(17K14386)によって行いました。

キーワード：地震波、可聴化、動的誘発地震
Keywords: Seismograms, Sonification, Dynamic Triggering Earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響
The effect of P-wave velocity on the ellipticity of Rayleigh waves in a transversely isotropic medium

*福島 駿[1]、蓬田 清[1]
*Shun Fukushima[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室
1. Hokkaido University,Graduate school of Science,Department of Natural History Sciences,Seismology Laboratory

表面波の波形記録から地球表層の地球内部構造を推定する際、表面波が伝搬する2点間 の位相速度や群速度の分散曲線がこれまで用いられてきた。これとは別にレイリー波の楕 円率からも観測点の近くの場所での地球内部構造を推定できることが知られている (e.g., Tsuboi & Saito, 1983)。レイリー波の楕円率は固有関数の地表面での振幅比で定義され るため、位相速度よりも浅い部分の地球内部構造に感度が高く、より浅い部分の地球内部 構造を調べる際に有効である。強震動の研究分野でのサイト特性を簡便に評価するため に、常時微動の水平と上下成分の振幅比, H/V 値が用いられるが、基本的には同じ原理で ある。等方性媒質のおける楕円率の速度の深さ分布などに対する感度カーネルは Tsuboi & Saito (1983) や Tanimoto & Tsuboi (2009) で求められた。しかし、例えば細かな互 層の堆積層などでは、鉛直・水平方向で弾性定数が異なる鉛直異方性の効果が無視できな い場合もありえる。レイリー波は P-SV 波速度に対応するので等方性媒質と鉛直異方性媒 質では、S 波速度よりも P 波速度の楕円率への影響について調べる必要がある。鉛直異 方性媒質では弾性定数が5つとなり (A, C , L, N .F)、密度と弾性定数より表面波伝搬は等 方性媒質とほぼ同様に定式化できる。本研究では、鉛直異方性媒質における楕円率の感度 カーネルを定式化し、その影響を検討した。等方性媒質と同様に、変分原理と相反原理を 用いて、線形関係を求める。その時には通常の固有関数とは別に、媒質パラメータの変動 に対する扁平率の変動の表面で応力テンソルの一成分(ここでは垂直成分)を有限とする 人工的な固有関数と組み合わせる。等方性媒質における P 波速度の感度カーネルは S 波 速度のそれよりも小さく、より浅い部分にのみ感度を持つ。求められた P 波速度の感度 カーネルは、鉛直異方性媒質で PV 波速度と PH 波速度の感度カーネルの足し合わせにな る。重要な特徴として PV 波速度と PH 波速度は逆符号の感度を持つため、等方性媒質 でその和となるので P 波速度の感度カーネルが小さい。さらに等方性の P 波速度の感度 カーネルと鉛直異方性の PH 波速度のそれを比べると、PH 波速度の感度が大きく、イン バージョン法を用いて内部構造を推定する際により正確な推定ができると期待する。

キーワード：パーティクルモーション、鉛直異方性、レイリー波
Keywords: Particle motion, Transverse isotropy, Rayleigh wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1]
*Ryuichi Kunugi[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

The Earth’s background free oscillations (BFO) are slightly and continuously excited free oscillations of the solid Earth persistent even in seismically quiet periods [Nawa et al. 1998; Suda et al. 1998; Kobayashi and Nishida 1998; Tanimoto et al. 1998]. The observed modes are fundamental modes, suggesting that the excitation sources are atmospheric and oceanic disturbances [e.g. Nishida 2013]. Amplitude of BFO exhibits seasonal variations [Nishida et al. 2000]. Along with such a periodic variation, there may exist transient variations correlated with atmospheric/oceanic phenomena.

The target modes are fundamental modes ${}_0S_{22}$-${}_0S_{43}$ at frequencies between 3 and 5 mHz because they are most clearly observed in the frequency domain. We used vertical records of STS-1 broadband seismometers at 65 quite seismic stations downloaded from IRIS DMC. The data periods are from 2000 to 2017. The analysis method is mainly the same as used in Nishida et al. (2000). Continuous records were divided into 3-days records with a step of 1 day. After applying the Hanning taper, each record was converted into power spectral density (PSD) with the correction of system response. To reject noisy data, we used the data whose mean PSD values at 3-5 mHz are between 10^{-19} and 10^{-18} m^2/s^3. The remained PSDs were then stacked over all the stations to create monthly averaged PSDs. To avoid the influence of temporally changing PSD baseline due to the random background noise, we averaged the PSD values in the mode and the noise frequency bands, and then the averaged noise PSD is subtracted from the averaged signal PSD.

We used two methods of time series analysis for the statistical analysis of long-term variations in amplitude of BFO: one is based on the state-space model and the other is on the regression model. In the state-space analysis we adopted the local level model with seasonal variations, which divide time series into random noise, seasonal variations and a long-term trend. In the regression analysis we adopted the model that consist of random noise, seasonal variations and a long-term trend. We used the R packages dlm and prophet for the state-space and the regression analyses, respectively.

The result obtained in the space-state analysis shows the long-term variation with a time scale of 10 years from 2002 to 2012: the minimum is in 2002 and 2012 and the maximum is in 2008. The long-term trend obtained in the regression analysis shows almost the same characteristics: the minimums in 2000 and 2012 and the maximum in 2008. Thus, we for the first time robustly obtained the nearly 10-year variation in amplitude of BFO from the two different time-series analyses. We can utilize data of infragravity waves at frequencies between 3-30 mHz from WAVEWATCH III. We will show the result of comparison between

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

BFO and infragravity waves in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1]
*Keiko Kuge[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

Following a large deep earthquake beneath Ogasawara Islands on 30 May, 2015, an aftershock (mb 4.9) took place at a depth of 678 km (USGS). P and S waves from the aftershock were recorded by F-net broadband stations in Japan at distances of 1 to 18 degrees. The aftershock is small enough to neglect source effect. Here I explore structure effect on the shear wave propagation. SH waves recorded by the transverse directions in western Japan were generally characterized by a single pulse. The peaks of the SH waves tend to arrive earlier than those of the SV waves in the radial directions. The dominance of a single pulse in the SH waves can be explained by the iasp91 model with the 660 km discontinuity shallower than the aftershock. When the 660 km discontinuity is assumed to be deeper than the aftershock, additional signals predicted in radial components can apparently cause different peak time arrivals between SH and SV waves. However, in these cases, the SV peaks arrive earlier than the SH peaks, which cannot fit the observations. It is thus more likely that the observed peak time difference is attributed to anisotropy. Because signals due to crustal reflection are predicted in the radial components ~6 sec after the direct S waves, shear wave splitting parameters were carefully estimated by using initial portions of S waves. The fast directions obtained in western Japan are nearly in the east-west, which looks different from the fast direction observed for a nearby deep earthquake in the Wadati-Benioff zone. We cannot see systematically early arrivals of SH peaks from Fiji earthquakes in a similar back azimuth. The anisotropic regions may be located deep.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について
On the estimation of G discontinuity in the oceanic upper mantle using ScS reverberations

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1]
*Jumpei Maruyama[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Kawakatsu (2016, GJI)で新しく導入されたVTIの第五パラメータη_κが地震波に与える影響を検証した際に,北西太平洋のlithosphere--asthenosphere system (LAS) において,ScSリバーバレーションを用いた解析 (Bagley et al., 2009)の結果と表面波を用いた解析 (Isse et al., 2019)の結果で鉛直S波速度β_Vの構造が大きく異なることが分かった.これは新パラメータη_κに対するScS波解析と表面波解析のそれぞれの感度が異なることに起因し,海洋LASにおける異方性の特徴を反映している可能性がある.より詳細な検証を行うために,先行研究以降に増加した観測データを用いScS波の再解析を行う事とした.

従来の研究で用いられた手法 (Revenaugh & Jordan, 1991)はScSリバーバレーション波に二段階の解析を行うことで地殻とマントル全体のパラメータ,マントル内反射面のパラメータを推定するものだが,これは太平洋沿岸の陸域に向けて提出された手法であり,特に上部マントルにおいて大きく状況が異なる海洋地域でそのまま用いることができるかは厳密には検証されてこなかった.そのため,海洋のモデルで計算したfull wave理論波形に対して簡略化した手法を適用することで,従来行われていた解析の検証を試みた.その結果,海洋下のような強いG不連続面を持つ場合において,既存の手法ではGからの反射波による波形の歪みのために,減衰率Q^{-1}や上部マントルの不連続面の反射系数について正しい推定が行われない可能性があることが明らかになった.

今後は海洋でも正確な解析が行えるようにScS波解析手法を改善し,先行研究が対象とした期間以降に北西太平洋の日本-ハワイ間で観測されたより多くのデータを用いることと合わせて,既存の研究で得られたモデルとの比較を試みる.

キーワード：ScSリバーバレーション、G不連続面、リソスフェア–アセノスフェア系、北西太平洋
Keywords: ScS reverberations, G discontinuity, lithosphere-asthenosphere system, northwest Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

Short-period body wave (1-3 Hz) extraction from ambient noise records observed at seafloor and borehole in the Nankai subduction zone

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1]
*Takashi Tonegawa[1], Toshinori Kimura[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the Nankai subduction zone, a cabled-network, named DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis), and borehole stations connected to the DONET have been constructed. The station spacing of DONET is 15-20 km, but, corporating it with borehole sensors, some of station pairs have station spacing less than 15 km. We attempted to extract body waves by applying cross correlation analysis to ambient noise records observed at the southern part of those stations, because borehole sensors have constructed near the trough.
As a result, we found eight pairs showing P wave in the cross correlation functions (CCFs) at frequencies of 1–3 Hz, which emerged before T-wave. In the case of station spacing less than 5 km (2 pairs), P wave extraction required only one-day stacking of ambient noise records, but other pairs required 10–30 days. Although the reason for unstable retrieval on the pairs and time periods for stacking is still under debate, the retrieved P-wave was stable over the observation periods.

キーワード：地震波干渉法、常時微動、実体波
Keywords: Seismic interferometry, ambient noise, body wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netで観測されるT波エンベロープの特徴
Characteristics of T-wave envelopes observed by S-net

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1]
*Kentaro Emoto[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohokuk University

海底地震津波観測網S-netが整備されたことにより，海域でのネットワーク観測が可能となった．陸域と異なり，S-netの地震計には，P波やS波の後にT波が顕著に観測される．T波は，海水中を音波として伝わる波であり，音速の低速度層（SOFAR チャネル）内にトラップされることで遠地まで伝わる．この性質を利用して，T波は震源近傍に観測点がない核実験や海底火山のモニタリングに使用されてきた[Okal, 2008]．T波パルスの幅と振幅を用いると，核実験と自然地震の区別が可能である[Talandier & Okal, 2001]．T波の立ち上がり時間[Yang & Forsyth, 2003; Dziak et al., 2005]や実体波とT波の振幅比[Wech et al., 2018]が，地震の深さに依存することが知られている．これらの研究は，変換点から遠地で観測されるT波を用いて行われてきた．S-netではネットワーク内の近地の地震によるT波を捉えることが可能であるため，地震波と海中音波の変換過程を詳細に調べることが可能である．本研究では，S-netで捉えられたT波のうち，変換点がネットワーク内にあると推測でき，また孤立的な形状を示すT波の特徴を調べた．複数の変換点もしくは共鳴により，いくつもT波が連続している場合や，顕著なピークを持たないT波は対象外とした（例えば，小笠原諸島付近での深発地震）．

S-netの速度型地震計に8-16Hzのバンドパスを適用し，３成分の二乗和を計算することでエンベロープを作成した．T波エンベロープの立ち上がりは，S波コーダに埋もれている場合や，不明瞭な場合が多い．そのため，エンベロープ幅は，到達時刻に依存しない指標として，振幅が最大値の1/3を超える時間（$\tau_{1/3}$）や，標準偏差に相当するT_{rms}を指標とする．T波の大きさは，二乗エンベロープの時間積分に比例するTPEF（T-phase energy flux）[Okal et al., 2003]を指標とする．次に，T波エンベロープの特徴を示す．

T波の伝播速度はおよそ1.5 km/sであるが，水深が深い観測点ほど速い場合も見られた．エンベロープ形状は，ピークまでゆるやかに立ち上がり，その後減衰する．地震波エンベロープと異なり，立ち上がりと減衰の時間スケールが同様である場合が多い．これは，伝播過程での散乱の影響によりエンベロープ形状が規定される地震波と異なり，T波のエンベロープ形状は，地震波から音波への変換過程に大きく依存しているためだと考えられる．ただし，T_{rms}は距離とともに増加傾向を示すこともあり，T波にも伝播過程での散乱の影響は含まれていることを示唆する．これは，海底地形が比較的平坦な場所では，エンベロープ幅が距離に依存しないという観測事例とは異なる[Yang & Forsyth, 2003]．$\tau_{1/3}$は観測点の水深が浅いほど小さい傾向が多いが，例えば三重会合点付近の地震では複雑なT波エンベロープのため，浅い観測点でのエンベロープ幅にはばらつきが大きい．エネルギーに関しては，深い観測点ほどTPEFが大きい．これは，日本列島に向かって水深が浅くなり，T波が反射して浅い観測点に十分なエネルギーが届かないためだと考えられる．三重会合点付近の震源の場合，T波は主に海溝沿いに伝播する様子が見られた．TPEFは距離とともにべき乗で減衰するが，減衰の速さは-1乗から-6乗まで震源により異なる．プレート境界型地震やスラブ内地震と比べ，アウターライズ地震で顕著なT波が見られた．これは，海溝の東側で太平洋プレートが下り傾斜になっている場所で，地震波が音波に変換され，SOFARチャネルに対し浅い角度で入射し，効率よくトラップされるためである．日本列島下で発生する深さ100km程度のスラブ内地震では，走時から推測されるT波生成場所が震央と異なり海溝付近であった．スラブ内を伝播した地震波が海溝付近でT波に変換される現象だと考えられる．この変換は強い指向性が見られた．

以上のように，S-netで観測されるT波は，海底地形や地下構造の影響を強く受けていることが明らかに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった．今後，差分法シミュレーションや放物型方程式に基づいて弾性体と海水を含む波動伝播のモデリングを行い，本研究で観測されたT波エンベロープの特徴を説明することで，弾性波と音波の変換過程の理解を深めることが可能であると考えられる．

謝辞

防災科学技術研究所が運営する日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を使用させていただきました．

キーワード：T波、エンベロープ、S-net
Keywords: T-wave, Envelope, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

Reverse time reflection imaging of active and passive seismic data with ocean-bottom seismographs

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1]
*Kazuya Shiraishi[1], Takao Nibe[2], Yasuhiro Yamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 石油資源開発(株)
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd.

はじめに

海底地震計を用いた地殻構造探査や広域地震観測では、受振点間隔の広い受振点群を用いた探査・観測となる場合が多く、観測の空間的欠如を補う工夫が必要である。一方、新規または既設の光ファイバーを利用した地震動の観測が試みられ、ケーブルに沿って稠密な地震観測を可能とする技術革新が起こりつつある。この場合は膨大な情報を効率的に活用する解析技術の研究開発もまた必要である。反射法地震探査では、複雑な地下不均質構造をイメージングするために、波動論に準拠して全波動場を利用するリバースタイムマイグレーションが有効である。本研究では、能動的探査と受動的観測の両方で利用するためのリバースタイムによる反射波イメージング手法を開発、それぞれの問題についてケーススタディを実施する。

解析手法

A. 基本型：発振点-受振点の組合せ

人工震源を用いた能動探査や震源の位置が正確に決定された自然地震観測の場合、反射法解析の基本である、発振点ー受振点の組合せによる一次反射波を利用する解析が有効である。リバースタイム法による反射波イメージングでは、観測波形を受振点から動画を逆再生するように逆伝播した波動場と、震源からは震源関数を順方向へ伝播させた波動場をそれぞれ地震波モデリングで再現し、同一時刻の両波動場の相関結果を時間積分することで、イメージ領域内の反射面や散乱体を結像させる。

B. 改良型：受振点-受振点（または発振点-発振点）の組合せ

震源情報の不確かな自然地震の観測波形の解析に有効な方法を提案する。この場合、震源から出た地震波が、海底の地震計へ届いた後に地下深部へ進み、地層境界で上方に反射して別の地震計へ到達する波線経路を考慮すると、一方を仮想的な震源として他方で受振点とする波線と同等と考えることができる。そこで、一方の地震計で観測した波形を順伝播させた波動場と、他方の地震計に届いた観測波形を逆伝播した波動場を干渉させることで、地下の反射面をイメージングする。エアガンー海底地震計探査の場合、相反原理により、エアガン発振点を起点に海面起因の多重反射波を利用できる。

ケーススタディ

(1) 南海トラフにおけるエアガン-海底地震計探査データ

測線長約170km（発振点間隔200m、受振点間隔1～10km）のエアガン海底地震計探査に適用した。このとき、相反定理を用いることで、海底地震計からエアガン発振点の間の一次反射波について、基本型により解析し、エアガン発振点を起点とする多重反射波には改良型を適用して、それぞれの結果を足し合わせることで最終イメージを得た。その結果、オフセット距離の長い記録を利用して付加体深部の構造（沈み込むプレートと新旧付加体の関係）と、多重反射波による浅部の構造（底面に起伏を有する堆積盆地）を明瞭にイメージングすることができた。

(2) 自然地震観測を模した数値シミュレーション

自然地震観測を模して、数値シミュレーションを行い、改良型リバースタイム法による反射波イメージングを試みた。海底観測と陸上観測では、境界条件（地震計より上位に海水層があるか否か）が異なり、海域観測の場合には海水層の存在による多重反射波が卓越する。陸上観測と海底観測のいずれの場合も、提案手法によって地下構造のイメージが可能であることを確認した。また、海水層のあることで卓越する多重反射波の効

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

果により地下の反射点が広がるので、観測点がまばらになった場合に、反射面の連続性を改善する効果を期待できる。

謝辞：本研究は、JAMSTECイノベーションアウォード萌芽研究プログラムによりサポートされています。

キーワード：反射波イメージング、リバースタイムマイグレーション、海底地震計
Keywords: reflection imaging, reverse time migration, ocean-bottom seismograph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth's background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み –地震動シミュレーション波形を用いた検討–

Estimation of Love wave phase velocity based on array analysis in the northern Tokyo bay area : Numerical experiments using synthetic seismograms

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kaori Shimazu[1], Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

関東堆積盆地は厚さ数km以上の堆積層に覆われているため，周期数秒以上のやや長周期地震動（以下，単に長周期地震動）が頻繁に観測される[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．長周期地震動を引き起こす表面波は，堆積層と地震基盤の3次元的な不均質構造の影響を受けて，空間的に複雑に伝播することが知られている[例えば，Furumura and Hayakawa (2007)]．表面波の伝播特性の解明と堆積盆地構造の正確な把握は長周期地震動の予測精度向上のために重要であり，その方策のひとつとして関東平野に高密度に設置された地震観測点を利用したアレイ解析が考えられる．本研究では，地震観測記録を用いた表面波の伝播特性の把握と堆積盆地構造の推定を目指して，ビームフォーミング解析によりLove波の位相速度を求める試行的な実験を地震動シミュレーションの速度波形を対象に実施した．

データと解析方法

2011年3月19日の茨城県北部の地震（M_W 5.8），2013年2月25日の栃木県北部の地震（M_W 5.8），2014年11月22日の長野県北部の地震（M_W6.3）など方位の異なる複数の地震を解析対象とした．地震波速度構造モデルSBVSM[増田・他 (2014, 地震学会); Takemura *et al.* (2015)]，F-net MT解によるダブルカップル型の点震源を用いて，差分法に基づいた地震動シミュレーションを実施した．同シミュレーションでは，4356点の仮想観測点（以下，高密度仮想観測点; 北緯35.5～35.9度，東経139.4～139.9度，750 m間隔）における地動速度波形を合成した．

ビームフォーミング解析[Riahi *et al.* (2013)]では，高密度仮想観測点を用いて局所的な小アレイを構成し，水平動成分（NS成分とEW成分）の速度波形を一括して解析した．小アレイのサイズは，解析周期（5.9，6.4，7.3，8.5，10.2，12.8秒）によって6～24kmの範囲で変化させた．解析時間は，水平動成分のエネルギーエンベロープが最大になる時間を中心に51.2秒間とした．ただし，評価結果の解析時間依存性について検討するために，この設定時間を変化させた解析も行った．

解析結果

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の大きさは，SBVSMを局所的に水平成層構造で近似して求めたLove波の基本モードの位相速度の大きさと概ね一致した．求めた分散曲線では，正分散の特徴も明瞭に確認された．このような結果より，ビームフォーミング解析によって，堆積盆地内を複雑に伝播するLove波の位相速度を概ね正確に評価できることが示された．

位相速度の評価では，周期5.9秒においてその値が特に安定して求まった．同周期は，中規模の地震による関東堆積盆地内の長周期地震動の卓越周期に対応する[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．また，この安定性は，2013年2月25日の栃木県北部の地震において広域にわたって確認された．このことは，同地震が横ずれ型の浅発地震であるため，Love波の基本モードが強く励起されて伝播したためと考えられる．また，本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

解析で確認された，長周期地震動のPGVの大きい地域において位相速度が安定して求まる傾向も，関東堆積盆地内の長周期地震動がLove波の基本モードによって特徴付けられることを示唆している．

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の空間変化は，周期5.9，6.4，7.3秒において，SBVSMの関東堆積盆地内における東西方向のLove波の基本モードの位相速度の変化と整合した．しかしながら，周期10 秒以上では，安定した位相速度の評価が困難であった．この要因としては，解析に使用した小アレイのサイズが大きくなり，水平方向の構造変化（位相速度変化）の影響を強く受けるようになることが考えられる．本研究では，この他に，地震によっては特定の地域で位相速度が過大評価されることを確認した．解析結果の詳細については，発表時に紹介する．

謝辞

地震動シミュレーションには海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました．地震の発震機構には防災科学技術研究所のF-net MT解を使用しました．

キーワード：Love波、関東堆積盆地、アレイ解析、位相速度、地震動シミュレーション
Keywords: Love wave, Kanto sedimentary basin, array analysis, phase velocity, FDM simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定
Similutanious estimation of amplitude and travel time variation in the transfer function with ACROSS

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2]
*Shuhei Tsuji[1], Koshun Yamaoka[1], Takahiro Kunitomo[1], Toshiki Watanabe[1], Ikuta Ryoya[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

概要

人工震源装置ACROSSにより得られた伝達関数(グリーン関数)の振幅変化と走時変化を同時に推定する手法を開発した。

背景

地震波の振幅変化は実験室レベルの研究では、断層面を透過する波の透過率が断層面の強度と良く対応することなどが知られており(例えば、Nagata et al., 2008)、その変化を調べることは重要である。しかし、地震波の伝播速度変化をクロススペクトル法により議論した研究は多くあるが(例えば、Ikuta et al., 2002; Hobiger et al., 2016)、振幅変化を扱ったものは多くない。また、ACROSSの解析においても従来は時間領域でenvelopeを用いた解析が行われていた。しかし、この方法はノイズが信号強度を見かけ上大きく見せてしまうという欠点があった。そこで、本研究では、伝達関数の振幅変化と走時変化を同時に推定可能で誤差評価もできる新たな手法を開発した。

方法

振幅変化と走時変化の同時推定は、振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定して、複素平面上での最小二乗推定で実現した。評価関数には、各期間の伝達関数を全期間の平均でデコンボルーション（周波数領域における割り算）して得た関数(変化関数)を用いた。従来の走時変化を求める研究では、周波数領域での掛け算(クロスコリレーション)をもちいているため、振幅の情報が失われていた。本手法では振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定し、さまざまな振幅変化と走時変化を持つ変化関数モデルを計算し、実際の変化関数との複素平面上の長さが最小になるものを見つけるというグリッドサーチによる推定を行った。これにより、各周波数のデータの信号ノイズ比が1を下回るようなノイズが大きなデータでも振幅変化や走時変化が推定できる。また、変化関数の誤差は、複素平面上で同心円状の確率密度分布を持つことを利用して、得られた振幅変化と走時変化のノイズ評価を行うことができた。

結果と考察

本研究では、この手法を岐阜県土岐市にある人工震源装置ACROSSのデータに適用し、周辺のHi-net観測点で得られた伝達関数に適応した。その結果、振幅変化と走時変化を同時に推定することができ、本研究の手法で得られた走時変化と従来のクロススペクトル法で得られる走時変化はおおむね誤差の範囲で等しいことも確認できた。一方で、振幅変化の平均が、伝達関数の平均値でデコンボルーションをしているにもかかわらず1にはならない場合があった。これは、複素平面上でのフィッティングの結果を、振幅と位相で解釈をしている数学的扱いが原因と思われる。

キーワード：振幅変化、走時変化、速度変化、人工震源装置、ACROSS
Keywords: Deviation of the amplitude, Deviation of the tarvel time, velocity change, Artificial seismic source, ACROSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

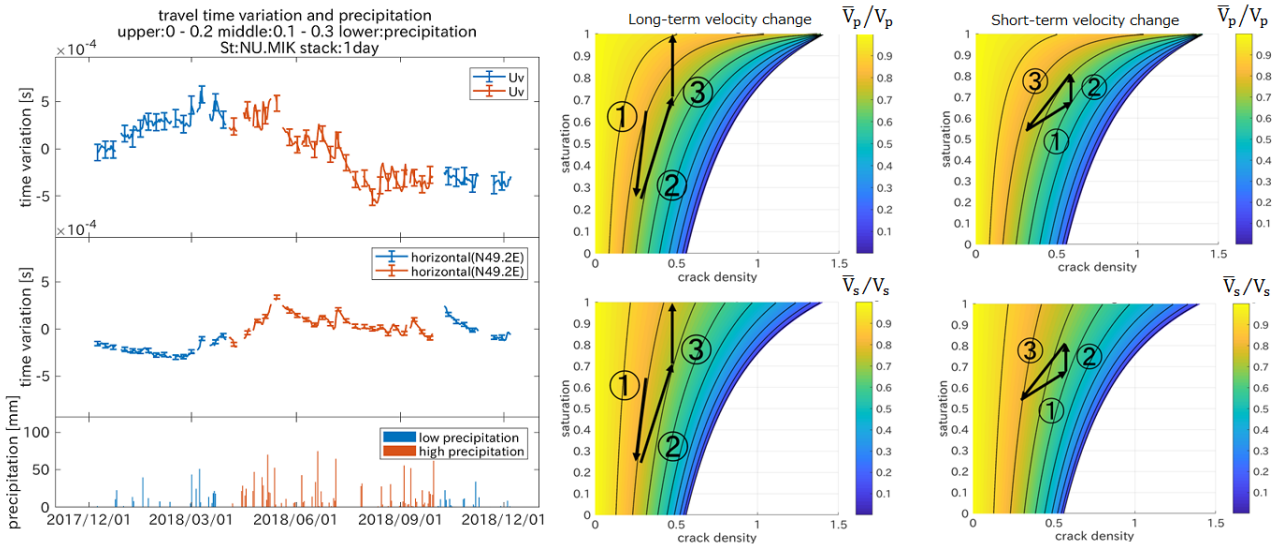
アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出
Temporal variation in travel time of P and S-waves using ACROSS

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2]
*rina suzuki[1], Koshun Yamaoka[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Earthquake and Volcano Research Center,Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University

精密に制御された振動を繰り返し発生させることができる人工震源アクロスによる1年間の観測記録を用いてP波およびS波の走時の時間変化についての解析を行った。本研究で用いた新型アクロス(ACR2014)は愛知県豊橋市に設置されており、回転軸が水平であるため、水平加振だけでなく鉛直方向の加振も行うことができ、従来型よりもP波をよく励起できるという特徴がある。ACR2014の周辺に設置されているNU.MIK, N.THNH, N.MKBHの3観測点の記録を用いて伝達関数を計算した。得られた伝達関数の成分のうち、P波では上下方向の加振による上下成分の記録、S波では水平方向の加振による水平成分の記録を選択した。これらの成分の伝達関数から、クロススペクトル法を用いてP波とS波それぞれの走時変化を計算した。なお、計算にはP波、S波部分としてそれぞれ0.2~0.3秒の範囲を使用した。得られた走時変化を豊橋、三ケ日のAMeDASの降水量の記録と比較すると、NU.MIKでは降水時にステップ的な遅れが生じ、その後回復していくという短期的な変化がP波とS波両方で見られた。このときの回復の傾向はP波とS波で異なっていた。一方、長期的変化の傾向は複数観測点においてP波とS波で異なっていた。このような短期的、長期的な走時変化について、クラック密度と含水クラックの割合の変化と地震波の速度変化の関係を用いて走時変化への降水の影響についての解釈を試みた。クラック密度と含水クラックの割合の変化に伴う速度変化の大きさはP波とS波で異なるため、降水量の多い時期は含水クラックが増加、降水量の少ない期間は含水クラックが減少すると仮定すると、P波とS波で異なる長期的な走時変化を定性的に説明できることがわかった。また、降水時の短期的な走時変化と、P波とS波の回復の違いも長期的変化の場合と同様の仮定によって定性的な説明が可能であった。

キーワード：走時変化、速度変化
Keywords: travel time variation, velocity change



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

Inversion analysis of S coda wave envelope based on radiation transfer theory - Estimation of heterogeneous structure of Izu Oshima volcano -

*植田 尚大[1]
*Takahiro Ueda[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

短周期地震波の観測波形は、その波長スケールに対応する地殻中の不均質な構造に強く影響を受けることがよく知られてる。人工地震源や地震波干渉法など地表面付近の震源を利用した解析では、火山体の浅部堆積物等によって強い不均質性が顕著に現れることが報告されている。一方で、火山構造性地震を利用した解析例は少なく、火山体のやや深部領域（～10km）までの不均質構造の特徴が明らかになっているとは言えない。そこで、本研究では、火山体を一様な不均質媒質と捉えて解析するradiative transfer thoeyに基づくMultiple Lapse Time Window法（Fehler et al. 1992）をもとに、不均質構造を表す散乱減衰と内部減衰値と、解析する地震の地震波輻射エネルギーとサイト増幅特性も求めるインバージョン法を開発し、伊豆大島の火山構造性地震のデータに適用したので報告する。

解析には、伊豆大島のV-net観測点4点で記録された地震波形を用いる。2014年1月から2018年1月までに発生したMw1.5からMw3.5、深さ10km以内の地震150イベントを解析した。地震波形には1-2Hz,2-4Hz,4-8Hz,8-16Hz帯のバンドパスフィルタを施し、それぞれの周波数帯でS波の直達波およびコーダ波のエンベロープ波形を求める。火山体の不均質性を内部減衰と散乱減衰で表し、S波の多重等方散乱の輻射伝達理論に基づきグリーン関数を計算する。その振幅は地盤増幅係数とエネルギー輻射量の積によって表現される。そこで、観測波形および理論エンベロープ波形の対数をとり、線形逆問題を解くことで、エネルギー輻射量および地盤増幅係数を求める。本研究ではさらにインバージョンから求められたエネルギー輻射量と地盤増幅係数を利用して観測エンベロープに対しフィッティングを行い、内部減衰と散乱減衰を再決定する。この操作を繰り返すことで、観測エンベロープに最もよく合う理論エンベロープを導出する。この時、輻射エネルギーの初期値を理論エンベロープのS波到達時刻から計算し、また地盤増幅係数の初期値を、コーダ規格法から求めた。同様の手法はEulenfeld and Wegler(2016)で提案されているが、本研究は2段階のステップを踏むことでパラメータのトレードオフを抑えることができる。

解析の結果、1-2Hz、2-4Hz、4-8Hz、8-16Hz帯で、散乱減衰はそれぞれ0.0393、0.0210、0.0027、0.0001となり、内部減衰は0.0054、0.0056、0.0029、0.0006と求められた。この結果を用いて、エンベロープのインバージョンおよびエンベロープフィッティングの繰り返し操作を行い、理論エンベロープを導出したところ、観測されたエンベロープとの間の分散は0.3程度となった。同様の手法を用いて得られた日本の地殻構造の平均的な値（Calocoré and Sato, 2010）と比較すると、内部減衰の値はほぼ同じである。一方、散乱減衰の値は1.5Hz付近の低周波数領域では10倍程度大きくなった。また、極浅部の結果（Yamamoto and Sato., 2010, Hirose et al., 2019）と比較すると1～2桁程度小さい

以上の結果を踏まえて、伊豆大島においては日本の地殻と比較して散乱減衰が内部減衰に比べて卓越しており、このことは活火山周辺で散乱減衰が大きいという先行研究の結果と調和的であり、地殻の浅い部分の微小な不均質構造の影響が強く現れたと考えられる。また、本研究で提案したエンベロープインバージョン法によって理論エンベロープがよく求まり、輻射エネルギーおよび震源の輻射エネルギーを評価する手法として有効であることが示された。

本研究ではNIED V-netのデータを使用いたしました。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：コーダ波、火山体
Keywords: coda wave, volcanic structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性
Strong motion characteristics at Nagomi-machi, Eta, during the northern Kumamoto pref. earthquake of Jan. 3rd, 2019

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志
*Tomotaka Iwata[1], Kimiyuki Asano[1], Masayuki Yoshimi[2], Takeshi Sugiyama

1. 京都大学防災研究所、2. （国研）産業技術総合研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

We estimate ground motion characteristics of Eta, Nagomi-machi, Kumamoto, during the 2019 Jan. 3rd northern Kumamoto earthquake (MJ5.5). The JMA seismic intensity of 6weak was observed at the site. Before this event, we have conducted the microtremor array measurement and obtained that the thin (about 20m) superficial layer with a S-wave velocity of less than 0.2km/s. We also estimated site amplification factor by the spectral inversion method (Somei et al., 2018). The site amplification factor shows the predominant period of about 0.4s for weak motion data. After the mainshock, we have conducted additional microtremor array measurement to give a more in-detail information in the area and single station H/V observations just beside of the seismic intensity meter and outside of the building for checking the effects of station setting of this site. In this moment, there is no significant effect of the station setting because of the similar H/V spectral ratio between the site and the one outside of the building in this period range. We also noticed that the predominant period of observed horizontal motions of the mainshock is about 0.5s, that is a little bit longer than that of the site effect for the weak motions. This would be caused by the non-linear behavior of the superficial layer during the strong shaking. Strong motion data are provided by JMA and Kumamoto prefecture. Microtremor observations and spectral inversion were conducted by the Comprehensive Research Project for the major active faults related to The 2016 Kumamoto Earthquake (2016FY-2018FY), Mext.

キーワード：2019年1月3日熊本県北部地震、和水町江田
Keywords: 2019 Northern Kumamoto prefecture earthquake , Eta, Nagomi-machi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－

Effects of the heterogeneous crustal structure on the amplitude fluctuation of high-frequency seismic waves

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

近地地震の高周波数帯（約1 Hz以上）の直達波には，地殻構造の短波長のランダム不均質性（地震波速度の数%程度の揺らぎ）の影響による振幅のばらつきが見られる（Yoshimoto et al., 2015）．この現象の震源付近（震源距離40 km程度以下）における特徴は，均質な背景構造にランダム不均質性を重畳したモデルによって概ね説明できる．しかしながら，解析対象領域が広くなると，単純な背景構造モデルでは，地震波の伝播経路の複雑化を表現できなくなる可能性がある．本研究では，地殻内地震を対象にした地震動シミュレーションに基づいて，解析対象領域が広い場合に，背景構造としての不均質な３次元地殻構造がS波振幅のばらつきに与える影響について調べた．

計算・解析手法

西日本の中国地方で発生する地殻内地震を想定して差分法による地震動シミュレーションを実施した．技術的な詳細はTakemura et al. (2017)と同様であり，計算領域の大きさは256×256×80 km^3，格子間隔は0.05 kmとした．計算時間間隔は0.0025 sとした．観測点は間隔5 kmでグリッド状に2601点配置した．背景の3次元地震波速度構造には全国１次地下構造モデル（JIVSM; Koketsu et al., 2012）を使用し，地殻内にTakemura et al. (2017)によるランダム不均質性（指数関数型，揺らぎの大きさ3%，相関距離1 km）を重畳した．対象とした地震は2011年11月25日に島根・広島県境の深さ14 kmで発生した横ずれ型の地震で，震央の位置を固定し，震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを実行した．ダブルカップル型の点震源，継続時間0.1秒のcos関数型震源時間関数（Maeda et al. 2017）を使用した．得られた速度波形に0.5-1, 1-2, 2-4 Hzのバンドパスフィルターを適用して最大地動速度振幅（PGV；以下，単に振幅）を求め，その空間変化を詳しく調べた．

結果・議論

横ずれ型の発震機構の震源輻射の影響で，震源付近では大きな振幅が十字型の方位分布で観測された．この十字型の見掛け輻射特性は，震源距離の増大とともに，地殻構造のランダム不均質性の影響で不明瞭になった．このような特徴は，散乱モデルや観測記録からも確認されている（Yoshimoto et al., 2015; Takemura et al., 2016）．震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを行うと，特定の深さでは見掛け輻射特性が非対称的に崩れることが確認された．震源距離に対して振幅をプロットすると，非対称的な崩れの発現によって，振幅のばらつきが有意に大きくなることが分かった．このような解析結果は，地殻構造のランダム不均質性の影響では説明できない．そこで，地表地形，コンラッド面，モホ面などの設定条件を変えて地震動シミュレーションを実行した．その結果，震源がコンラッド面の上方に近接する場合に，コンラッド面のS波反射の影響によって見掛け輻射特性の非対称的な崩れが発現することが確認された．以上の結果は，震源距離40 km程度以上では，地殻構造の不均質性の一要因として，コンラッド面（地震波速度変化10%程度）がランダム不均質性と同様に，地殻内地震の強震動に大きなばらつきを引き起こす可能性を示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：高周波数地震動、振幅のばらつき、地殻構造の不均質性、コンラッド面、地震動シミュレーション
Keywords: High-frequency seismic ground motion, Amplitude fluctuation, Random crustal heterogeneity, Conrad discontinuity, Seismic ground motion simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

Long-duration long-period ground motion in Hokkaido during off-Tohoku earthquakes (2) Roles of crust and Pacific slab

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3]
*Shinako Noguchi[1], Takuto Maeda[2], Takashi Furumura[3]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2. 弘前大学大学院理工学研究科、3. 東京大学地震研究所
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

比較的規模の大きな（M>6.5）東北地方太平洋沖の地震の際に，北海道で大振幅かつ長周期の後続相が観測された．これは野口・他（2017, JpGU）で報告された，石狩平野から太平洋沖にかけての大規模堆積盆地による長周期の後続相とは異なり，堆積盆地以外にも北海道の広い範囲で観測された．本研究では，3次元地下構造モデルを用いた差分法による地震波動伝播シミュレーションにより発見された新たな長周期後続相の生成メカニズムについて述べる．

この長周期の後続相は，東北地方太平洋沖で発生した地震の際に，南西部の数点を除く北海道のF-net観測点全般で観測された．一方，この後続相は東北地方の内陸地震，東北沖のアウターライズ地震や，より北海道に近い地点で発生した地震の際には観測されなかった．この後続相の卓越周期は，地震によって異なるが概ね15～25秒であった．観測波形の特徴はradial成分・vertical成分とtransverse成分によって異なり，それぞれRayleigh波およびLove波とみられる．概してLove波の方がRayleigh波より到達が早く，またより長い周期を示した．これらの波形は両者ともに正の分散を示した．

この後続相の成因を解明するための波動伝播シミュレーションには，差分法のプログラムパッケージOpenSWPC（Maeda et al., 2017）を使用した．モデル構造には海水，地形，堆積層を含むJIVSM（Koketsu et al., 2012）に加え，Matsubara et al. (2017)による日本付近のモホ面深さのモデルおよびKita et al. (2010)による太平洋スラブ上面深さモデルを使用した．

波動伝播シミュレーションにより，以下の2つの現象が明らかになった．ひとつは，日本海溝の西側に沿って南北に伝播するRayleigh波の後続相である．この後続相のうち北へ向かう方は，石狩沖の堆積盆地で転換され，北海道に広く伝播した．もうひとつは，日本海溝と千島海溝の会合点付近に現れたLove波で，これは上記のRayleigh波より少し早く北海道へ広く伝播した．

これらの現象の背景を探るため，東北沖から北海道にかけて表面波の群速度・位相速度の分布を調べた．まずRayleigh波（周期20秒付近）については，日本海溝の西側に帯状の低速度帯がある事が分かった．これは地下の太平洋スラブ上面の低速度層に起因するもので，Rayleigh波の低速で長く続くガイドウェーブを発生させ得る．Love波についてはこのような低速度帯はみられなかったが，大陸と海洋の地殻の厚さの違いに起因して，海溝の海側と陸側に著しい速度コントラストがみられた．このような場合，Love波の波線は低速度側へ屈折する．それらが北海道沖の日本海溝と千島海溝の会合点に到達すると，そこから北海道側へ放射されると考えられる．

以上より，東北沖の地震の際に北海道で広く観測される大振幅・長周期の後続相の原因は，石狩平野から太平洋沖の大規模堆積盆地だけでなく，東北沖から北海道にかけての地殻および太平洋スラブの構造にも起因するという事が明らかになった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：長周期地震動、沈み込み帯、波動伝播シミュレーション
Keywords: Long period ground motion, Subduction zone, Wave propagation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation –a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1], Yuancheng Gung[2], Ling-Yun Chiao[3]

1. Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan., 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan., 3. Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Over the past decade, the probing of Earth structures using seismic ambient noises has been widely used by seismologists and is now a well-developed technique. Based on an implicit high-frequency approximation, the consensus is that the noise cross-correlation function (NCF) of continuous seismic records resembles the Green’ s Function (GF) of the far-field surface wave between sensors. This perspective leads to the application of the long interstation distance criterion in the dispersion measurements, and, accordingly, much of the low-frequency content in the NCF is rejected. Herein we show that, for a far-field source, the NCF used in most surface wave studies should not be considered as representative of the empirical Green’ s Function (EGF); instead, it is simply the interference product between sensors. We present a theoretical derivation of an explicit definition for a “high-frequency approximation” and clarify the relationship between the NCF and the EGF. Furthermore, we propose a new method to measure the NCF dispersion, in which the phase velocity is estimated by matching the peak delay time observed in the time domain NCF to the one predicted by the theoretical complex NCF signals. In this hybrid peak time matching technique, the long interstation distance is no longer a required condition and phase velocities can be determined more precisely at lower frequencies. Therefore, this permits the investigation of deeper structures using noise data.

Keywords: phase velocity measurement, Empirical Green’ s Function, ambient noise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波可聴化による動的誘発地震の探索
Dynamic Triggering Earthquakes Exploration by Sonification of Seismograms

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3]
*Takahiko Uchide[1], Yota Morimoto[2], Masaki Matsubara[3]

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3. 筑波大学図書館情報メディア系
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Institute of Sonology, Royal Conservatory of the Hague, 3. University of Tsukuba

われわれは動的誘発地震探索のための地震波可聴化を提案してきた(内出ほか, JpGU, 2016, 2018; Matsubara et al., 2016)。2011年東北地方太平洋沖地震の可聴化では、岐阜県飛騨地方における動的誘発地震を聴き取ることに成功した。地震学者が地震波可聴化をしやすくなるよう、Sonification of Seismograms (SoS)システムを構築している(Uchide et al., JpGU, 2018)。SoSでは、短い時間窓の中での地震波形の最大の絶対値と零交差の個数に応じた振幅と音程の音を割り当てることで可聴化を行っている。

本研究では、近年の大地震による動的誘発地震をSoSによる可聴化により探索した。2011東北地方太平洋沖地震では、飛騨地方での動的誘発地震はM 4.2であり、比較的大きいものであった(大見ほか, 2012)。より小さい動的誘発地震を見つけ出すことは、より難しくなる。観測点の地域を限って可聴化することで、動的誘発地震が発生した場所、していない場所を特定できると考えられる。

ポスターでは、可聴化音を聴く機会を提供するほか、SoSのデモンストレーションも行う。

謝辞

本研究では、Global CMTカタログと防災科学技術研究所のHi-net、気象庁、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所の地震波形データを使用しました。本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究(B)）(17K14386)によって行いました。

キーワード：地震波、可聴化、動的誘発地震
Keywords: Seismograms, Sonification, Dynamic Triggering Earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響
The effect of P-wave velocity on the ellipticity of Rayleigh waves in a transversely isotropic medium

*福島 駿[1]、蓬田 清[1]
*Shun Fukushima[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室
1. Hokkaido University,Graduate school of Science,Department of Natural History Sciences,Seismology Laboratory

表面波の波形記録から地球表層の地球内部構造を推定する際、表面波が伝搬する2点間 の位相速度や群速度の分散曲線がこれまで用いられてきた。これとは別にレイリー波の楕 円率からも観測点の近くの場所での地球内部構造を推定できることが知られている (e.g., Tsuboi & Saito, 1983)。レイリー波の楕円率は固有関数の地表面での振幅比で定義され るため、位相速度よりも浅い部分の地球内部構造に感度が高く、より浅い部分の地球内部 構造を調べる際に有効である。強震動の研究分野でのサイト特性を簡便に評価するため に、常時微動の水平と上下成分の振幅比, H/V 値が用いられるが、基本的には同じ原理で ある。等方性媒質のおける楕円率の速度の深さ分布などに対する感度カーネルは Tsuboi & Saito (1983) や Tanimoto & Tsuboi (2009) で求められた。しかし、例えば細かな互 層の堆積層などでは、鉛直・水平方向で弾性定数が異なる鉛直異方性の効果が無視できな い場合もありえる。レイリー波は P-SV 波速度に対応するので等方性媒質と鉛直異方性媒 質では、S 波速度よりも P 波速度の楕円率への影響について調べる必要がある。鉛直異 方性媒質では弾性定数が5つとなり (A, C , L, N .F)、密度と弾性定数より表面波伝搬は等 方性媒質とほぼ同様に定式化できる。本研究では、鉛直異方性媒質における楕円率の感度 カーネルを定式化し、その影響を検討した。等方性媒質と同様に、変分原理と相反原理を 用いて、線形関係を求める。その時には通常の固有関数とは別に、媒質パラメータの変動 に対する扁平率の変動の表面で応力テンソルの一成分(ここでは垂直成分)を有限とする 人工的な固有関数と組み合わせる。等方性媒質における P 波速度の感度カーネルは S 波 速度のそれよりも小さく、より浅い部分にのみ感度を持つ。求められた P 波速度の感度 カーネルは、鉛直異方性媒質で PV 波速度と PH 波速度の感度カーネルの足し合わせにな る。重要な特徴として PV 波速度と PH 波速度は逆符号の感度を持つため、等方性媒質 でその和となるので P 波速度の感度カーネルが小さい。さらに等方性の P 波速度の感度 カーネルと鉛直異方性の PH 波速度のそれを比べると、PH 波速度の感度が大きく、イン バージョン法を用いて内部構造を推定する際により正確な推定ができると期待する。

キーワード：パーティクルモーション、鉛直異方性、レイリー波
Keywords: Particle motion, Transverse isotropy, Rayleigh wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1]
*Ryuichi Kunugi[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

The Earth’s background free oscillations (BFO) are slightly and continuously excited free oscillations of the solid Earth persistent even in seismically quiet periods [Nawa et al. 1998; Suda et al. 1998; Kobayashi and Nishida 1998; Tanimoto et al. 1998]. The observed modes are fundamental modes, suggesting that the excitation sources are atmospheric and oceanic disturbances [e.g. Nishida 2013]. Amplitude of BFO exhibits seasonal variations [Nishida et al. 2000]. Along with such a periodic variation, there may exist transient variations correlated with atmospheric/oceanic phenomena.

The target modes are fundamental modes ${}_0S_{22}$-${}_0S_{43}$ at frequencies between 3 and 5 mHz because they are most clearly observed in the frequency domain. We used vertical records of STS-1 broadband seismometers at 65 quite seismic stations downloaded from IRIS DMC. The data periods are from 2000 to 2017. The analysis method is mainly the same as used in Nishida et al. (2000). Continuous records were divided into 3-days records with a step of 1 day. After applying the Hanning taper, each record was converted into power spectral density (PSD) with the correction of system response. To reject noisy data, we used the data whose mean PSD values at 3-5 mHz are between 10^{-19} and 10^{-18} m^2/s^3. The remained PSDs were then stacked over all the stations to create monthly averaged PSDs. To avoid the influence of temporally changing PSD baseline due to the random background noise, we averaged the PSD values in the mode and the noise frequency bands, and then the averaged noise PSD is subtracted from the averaged signal PSD.

We used two methods of time series analysis for the statistical analysis of long-term variations in amplitude of BFO: one is based on the state-space model and the other is on the regression model. In the state-space analysis we adopted the local level model with seasonal variations, which divide time series into random noise, seasonal variations and a long-term trend. In the regression analysis we adopted the model that consist of random noise, seasonal variations and a long-term trend. We used the R packages dlm and prophet for the state-space and the regression analyses, respectively.

The result obtained in the space-state analysis shows the long-term variation with a time scale of 10 years from 2002 to 2012: the minimum is in 2002 and 2012 and the maximum is in 2008. The long-term trend obtained in the regression analysis shows almost the same characteristics: the minimums in 2000 and 2012 and the maximum in 2008. Thus, we for the first time robustly obtained the nearly 10-year variation in amplitude of BFO from the two different time-series analyses. We can utilize data of infragravity waves at frequencies between 3-30 mHz from WAVEWATCH III. We will show the result of comparison between

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

BFO and infragravity waves in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1]
*Keiko Kuge[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

Following a large deep earthquake beneath Ogasawara Islands on 30 May, 2015, an aftershock (mb 4.9) took place at a depth of 678 km (USGS). P and S waves from the aftershock were recorded by F-net broadband stations in Japan at distances of 1 to 18 degrees. The aftershock is small enough to neglect source effect. Here I explore structure effect on the shear wave propagation. SH waves recorded by the transverse directions in western Japan were generally characterized by a single pulse. The peaks of the SH waves tend to arrive earlier than those of the SV waves in the radial directions. The dominance of a single pulse in the SH waves can be explained by the iasp91 model with the 660 km discontinuity shallower than the aftershock. When the 660 km discontinuity is assumed to be deeper than the aftershock, additional signals predicted in radial components can apparently cause different peak time arrivals between SH and SV waves. However, in these cases, the SV peaks arrive earlier than the SH peaks, which cannot fit the observations. It is thus more likely that the observed peak time difference is attributed to anisotropy. Because signals due to crustal reflection are predicted in the radial components ~6 sec after the direct S waves, shear wave splitting parameters were carefully estimated by using initial portions of S waves. The fast directions obtained in western Japan are nearly in the east-west, which looks different from the fast direction observed for a nearby deep earthquake in the Wadati-Benioff zone. We cannot see systematically early arrivals of SH peaks from Fiji earthquakes in a similar back azimuth. The anisotropic regions may be located deep.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について
On the estimation of G discontinuity in the oceanic upper mantle using ScS reverberations

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1]
*Jumpei Maruyama[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Kawakatsu (2016, GJI)で新しく導入されたVTIの第五パラメータη_κが地震波に与える影響を検証した際に,北西太平洋のlithosphere--asthenosphere system (LAS) において,ScSリバーバレーションを用いた解析 (Bagley et al., 2009)の結果と表面波を用いた解析 (Isse et al., 2019)の結果で鉛直S波速度β_Vの構造が大きく異なることが分かった.これは新パラメータη_κに対するScS波解析と表面波解析のそれぞれの感度が異なることに起因し,海洋LASにおける異方性の特徴を反映している可能性がある.より詳細な検証を行うために,先行研究以降に増加した観測データを用いScS波の再解析を行う事とした.

従来の研究で用いられた手法 (Revenaugh & Jordan, 1991)はScSリバーバレーション波に二段階の解析を行うことで地殻とマントル全体のパラメータ,マントル内反射面のパラメータを推定するものだが,これは太平洋沿岸の陸域に向けて提出された手法であり,特に上部マントルにおいて大きく状況が異なる海洋地域でそのまま用いることができるかは厳密には検証されてこなかった.そのため,海洋のモデルで計算したfull wave理論波形に対して簡略化した手法を適用することで,従来行われていた解析の検証を試みた.その結果,海洋下のような強いG不連続面を持つ場合において,既存の手法ではGからの反射波による波形の歪みのために,減衰率Q^{-1}や上部マントルの不連続面の反射系数について正しい推定が行われない可能性があることが明らかになった.

今後は海洋でも正確な解析が行えるようにScS波解析手法を改善し,先行研究が対象とした期間以降に北西太平洋の日本-ハワイ間で観測されたより多くのデータを用いることと合わせて,既存の研究で得られたモデルとの比較を試みる.

キーワード：ScSリバーバレーション、G不連続面、リソスフェア–アセノスフェア系、北西太平洋
Keywords: ScS reverberations, G discontinuity, lithosphere-asthenosphere system, northwest Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

Short-period body wave (1-3 Hz) extraction from ambient noise records observed at seafloor and borehole in the Nankai subduction zone

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1]
*Takashi Tonegawa[1], Toshinori Kimura[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the Nankai subduction zone, a cabled-network, named DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis), and borehole stations connected to the DONET have been constructed. The station spacing of DONET is 15-20 km, but, corporating it with borehole sensors, some of station pairs have station spacing less than 15 km. We attempted to extract body waves by applying cross correlation analysis to ambient noise records observed at the southern part of those stations, because borehole sensors have constructed near the trough.
As a result, we found eight pairs showing P wave in the cross correlation functions (CCFs) at frequencies of 1–3 Hz, which emerged before T-wave. In the case of station spacing less than 5 km (2 pairs), P wave extraction required only one-day stacking of ambient noise records, but other pairs required 10–30 days. Although the reason for unstable retrieval on the pairs and time periods for stacking is still under debate, the retrieved P-wave was stable over the observation periods.

キーワード：地震波干渉法、常時微動、実体波
Keywords: Seismic interferometry, ambient noise, body wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netで観測されるT波エンベロープの特徴
Characteristics of T-wave envelopes observed by S-net

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1]
*Kentaro Emoto[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohokuk University

海底地震津波観測網S-netが整備されたことにより，海域でのネットワーク観測が可能となった．陸域と異なり，S-netの地震計には，P波やS波の後にT波が顕著に観測される．T波は，海水中を音波として伝わる波であり，音速の低速度層（SOFAR チャネル）内にトラップされることで遠地まで伝わる．この性質を利用して，T波は震源近傍に観測点がない核実験や海底火山のモニタリングに使用されてきた[Okal, 2008]．T波パルスの幅と振幅を用いると，核実験と自然地震の区別が可能である[Talandier & Okal, 2001]．T波の立ち上がり時間[Yang & Forsyth, 2003; Dziak et al., 2005]や実体波とT波の振幅比[Wech et al., 2018]が，地震の深さに依存することが知られている．これらの研究は，変換点から遠地で観測されるT波を用いて行われてきた．S-netではネットワーク内の近地の地震によるT波を捉えることが可能であるため，地震波と海中音波の変換過程を詳細に調べることが可能である．本研究では，S-netで捉えられたT波のうち，変換点がネットワーク内にあると推測でき，また孤立的な形状を示すT波の特徴を調べた．複数の変換点もしくは共鳴により，いくつもT波が連続している場合や，顕著なピークを持たないT波は対象外とした（例えば，小笠原諸島付近での深発地震）．

S-netの速度型地震計に8-16Hzのバンドパスを適用し，３成分の二乗和を計算することでエンベロープを作成した．T波エンベロープの立ち上がりは，S波コーダに埋もれている場合や，不明瞭な場合が多い．そのため，エンベロープ幅は，到達時刻に依存しない指標として，振幅が最大値の1/3を超える時間（$\tau_{1/3}$）や，標準偏差に相当するT_{rms}を指標とする．T波の大きさは，二乗エンベロープの時間積分に比例するTPEF（T-phase energy flux）[Okal et al., 2003]を指標とする．次に，T波エンベロープの特徴を示す．

T波の伝播速度はおよそ1.5 km/sであるが，水深が深い観測点ほど速い場合も見られた．エンベロープ形状は，ピークまでゆるやかに立ち上がり，その後減衰する．地震波エンベロープと異なり，立ち上がりと減衰の時間スケールが同様である場合が多い．これは，伝播過程での散乱の影響によりエンベロープ形状が規定される地震波と異なり，T波のエンベロープ形状は，地震波から音波への変換過程に大きく依存しているためだと考えられる．ただし，T_{rms}は距離とともに増加傾向を示すこともあり，T波にも伝播過程での散乱の影響は含まれていることを示唆する．これは，海底地形が比較的平坦な場所では，エンベロープ幅が距離に依存しないという観測事例とは異なる[Yang & Forsyth, 2003]．$\tau_{1/3}$は観測点の水深が浅いほど小さい傾向が多いが，例えば三重会合点付近の地震では複雑なT波エンベロープのため，浅い観測点でのエンベロープ幅にはばらつきが大きい．エネルギーに関しては，深い観測点ほどTPEFが大きい．これは，日本列島に向かって水深が浅くなり，T波が反射して浅い観測点に十分なエネルギーが届かないためだと考えられる．三重会合点付近の震源の場合，T波は主に海溝沿いに伝播する様子が見られた．TPEFは距離とともにべき乗で減衰するが，減衰の速さは-1乗から-6乗まで震源により異なる．プレート境界型地震やスラブ内地震と比べ，アウターライズ地震で顕著なT波が見られた．これは，海溝の東側で太平洋プレートが下り傾斜になっている場所で，地震波が音波に変換され，SOFARチャネルに対し浅い角度で入射し，効率よくトラップされるためである．日本列島下で発生する深さ100km程度のスラブ内地震では，走時から推測されるT波生成場所が震央と異なり海溝付近であった．スラブ内を伝播した地震波が海溝付近でT波に変換される現象だと考えられる．この変換は強い指向性が見られた．

以上のように，S-netで観測されるT波は，海底地形や地下構造の影響を強く受けていることが明らかに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった．今後，差分法シミュレーションや放物型方程式に基づいて弾性体と海水を含む波動伝播のモデリングを行い，本研究で観測されたT波エンベロープの特徴を説明することで，弾性波と音波の変換過程の理解を深めることが可能であると考えられる．

謝辞

防災科学技術研究所が運営する日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を使用させていただきました．

キーワード：T波、エンベロープ、S-net
Keywords: T-wave, Envelope, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

Reverse time reflection imaging of active and passive seismic data with ocean-bottom seismographs

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1]
*Kazuya Shiraishi[1], Takao Nibe[2], Yasuhiro Yamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 石油資源開発(株)
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd.

はじめに

海底地震計を用いた地殻構造探査や広域地震観測では、受振点間隔の広い受振点群を用いた探査・観測となる場合が多く、観測の空間的欠如を補う工夫が必要である。一方、新規または既設の光ファイバーを利用した地震動の観測が試みられ、ケーブルに沿って稠密な地震観測を可能とする技術革新が起こりつつある。この場合は膨大な情報を効率的に活用する解析技術の研究開発もまた必要である。反射法地震探査では、複雑な地下不均質構造をイメージングするために、波動論に準拠して全波動場を利用するリバースタイムマイグレーションが有効である。本研究では、能動的探査と受動的観測の両方で利用するためのリバースタイムによる反射波イメージング手法を開発、それぞれの問題についてケーススタディを実施する。

解析手法

A. 基本型：発振点-受振点の組合せ

人工震源を用いた能動探査や震源の位置が正確に決定された自然地震観測の場合、反射法解析の基本である、発振点ー受振点の組合せによる一次反射波を利用する解析が有効である。リバースタイム法による反射波イメージングでは、観測波形を受振点から動画を逆再生するように逆伝播した波動場と、震源からは震源関数を順方向へ伝播させた波動場をそれぞれ地震波モデリングで再現し、同一時刻の両波動場の相関結果を時間積分することで、イメージ領域内の反射面や散乱体を結像させる。

B. 改良型：受振点-受振点（または発振点-発振点）の組合せ

震源情報の不確かな自然地震の観測波形の解析に有効な方法を提案する。この場合、震源から出た地震波が、海底の地震計へ届いた後に地下深部へ進み、地層境界で上方に反射して別の地震計へ到達する波線経路を考慮すると、一方を仮想的な震源として他方で受振点とする波線と同等と考えることができる。そこで、一方の地震計で観測した波形を順伝播させた波動場と、他方の地震計に届いた観測波形を逆伝播した波動場を干渉させることで、地下の反射面をイメージングする。エアガンー海底地震計探査の場合、相反原理により、エアガン発振点を起点に海面起因の多重反射波を利用できる。

ケーススタディ

(1) 南海トラフにおけるエアガン-海底地震計探査データ

測線長約170km（発振点間隔200m、受振点間隔1～10km）のエアガン海底地震計探査に適用した。このとき、相反定理を用いることで、海底地震計からエアガン発振点の間の一次反射波について、基本型により解析し、エアガン発振点を起点とする多重反射波には改良型を適用して、それぞれの結果を足し合わせることで最終イメージを得た。その結果、オフセット距離の長い記録を利用して付加体深部の構造（沈み込むプレートと新旧付加体の関係）と、多重反射波による浅部の構造（底面に起伏を有する堆積盆地）を明瞭にイメージングすることができた。

(2) 自然地震観測を模した数値シミュレーション

自然地震観測を模して、数値シミュレーションを行い、改良型リバースタイム法による反射波イメージングを試みた。海底観測と陸上観測では、境界条件（地震計より上位に海水層があるか否か）が異なり、海域観測の場合には海水層の存在による多重反射波が卓越する。陸上観測と海底観測のいずれの場合も、提案手法によって地下構造のイメージが可能であることを確認した。また、海水層のあることで卓越する多重反射波の効

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

果により地下の反射点が広がるので、観測点がまばらになった場合に、反射面の連続性を改善する効果を期待できる。

謝辞：本研究は、JAMSTECイノベーションアウォード萌芽研究プログラムによりサポートされています。

キーワード：反射波イメージング、リバースタイムマイグレーション、海底地震計
Keywords: reflection imaging, reverse time migration, ocean-bottom seismograph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A05 東京ベイ幕張ホール

[S-SS14] 地震発生の物理・断層のレオロジー

コンビーナ:岡崎 啓史(海洋研究開発機構)、向吉 秀樹(島根大学大学院総合理工学研究科地球資源環境学領域)、野田 博之(京都大学防災研究所)、吉田 圭佑(東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、岡崎 啓史(海洋研究開発機構)

地震の発生および断層内での物理学的化学的素過程に関わる諸問題に対して，地震学・測地学・地質学・鉱物学等の固体地球科学諸分野における，理論・実験・観測・観察・シミュレーションなどの多様な観点から，学際的に議論を深めることを目標とする．地震前，地震時及び地震後の過程，断層岩と断層帯のレオロジー，断層運動などの震源とその周辺における現象，摩擦構成則とそれに基づく地震プロセスのモデル化，地震発生場の応力状態，断層掘削，震源過程など，関連する話題を広く募集する．

15:30 ~ 15:45

[SSS14-01] "0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3] (1.東京大学地震研究所、2.九州大学、3.京都大学防災研究所)

15:45 ~ 16:00

[SSS14-02] Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1] (1.韓国気象庁、2.韓国環境科学院)

16:00 ~ 16:15

[SSS14-03] Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2] (1.東北大学理学研究科、2.防災科学技術研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS14-04] 鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター)

16:30 ~ 16:45

[SSS14-05] 地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化

*山下 輝夫

16:45 ~ 17:00

[SSS14-06] 自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2] (1.京都大学防災研究所、2.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター)

"0.1満点"高密度地震観測に基づく微小地震の時空間発展：断層の成長過程

Spatio-temporal Evolution of Micro-Earthquakes illuminated by “0.1 manten” Hyper Dense Seismic Observation: Implication of Fault Growth

*加藤 愛太郎[1]、酒井 慎一[1]、松本 聡[2]、飯尾 能久[3]
*Aitaro Kato[1], Shin'ichi Sakai[1], Satoshi Matsumoto[2], Yoshihisa Iio[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 九州大学、3. 京都大学防災研究所
1. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, 2. Kyushu University, 3. Kyoto University

To deepen fundamental understanding of earthquake faulting, it is of crucial importance to image fine scale structure of fault zone. We installed a thousand of seismic stations in the source area, which covers an entire aftershock zone of the 2000 Western-Tottori earthquake (Mw 6.7) from March 2017 to March 2018. The spatial interval of each seismic station ranges from 1 to 2 km. We initially detected ~3000 earthquakes from the continuous waveforms, using automatic arrival time picking technique. Applying a double-difference algorithm to the arrival data-set, we relocated more precise hypocenters in the studied region. The completeness magnitude of the catalog is around -0.7.

From the center to the southeast part, the relocated hypocenters are aligned along sharp fault planes, which are dipping almost vertically. In contrast, at the northwest area, the hypocenter distributions are complex, including several fault planes which are conjugate to the main NW-SE aftershock trend.

We focus on a tiny seismic cluster associated with Mj 1.7 event (main event) in the aftershock zone, which took place on 24th Dec., 2017. Following this event, a total of ~80 micro-earthquakes were detected by automatic-processng and matched filter technique. We visually picked up P-wave arrival times for each micro-earthquake. Using differential travel times derived from waveform cross-correlation technique, we succeeded to relocate them very precicely. The relative hypocenter acuuray appears to be less than 5 m. The relocated micro-earthquakes are sharply aligned along vertically NNW-SSE-striking fault. The length and dip-width of the fault dimension is about 200 m, respectively. This hypoenter alignment is well consisten with a focal mechanism of the main event. Based on the distribution of the earthquakes, the fault zone width is estimated to be ~10 m. The ratio of the fault (process) zone width to the fault length is ~0.01, which fairly matches with that geological observation of fault exposure.

In addition, we identify spatial-temporal evolution of the micro-earthquakes after the main Mj 1.7 event. Interestingly, these migrating events occurred so that they did not overlap events that occurred earlier, like complementary manner. The migration speed is estimated to be < ~0.1 km/day, which is quite lower than that slow slip events observed typically along subduction. This slow migration is similar to fluid migration speeds inferred from seismic observation of induced seismicities following the 2011 Tohoku-Oki earthquake. These results indicate a growth of fault network on a scale of tens of meters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

Estimation of fault model of the 2017 Pohang, South Korea earthquake using seismic and geodetic analyses

*朴 舜千[1]、Won-Jin Lee[2]、Geunyoung Song[1]、Duk Kee Lee[1]
*Sun-Cheon Park[1], Won-Jin Lee[2], Geunyoung Song[1], Duk Kee Lee[1]

1. 韓国気象庁、2. 韓国環境科学院
1. Korea Meteorological Administration, 2. National Institute of Environmental Research

After the 2017 Pohang, South Korea earthquake with magnitude (ML) 5.4, surface deformation was observed using Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) technique. This observation of surface deformation can be a constraint to estimate the fault model in addition to aftershock distribution and other seismic information. As the result of InSAR processing using X-band Cosmo-Sky-Med and C-band Sentinel-1 data, we observed the maximum deformation of about 4 cm in Line-Of-Sight (LOS) direction.

Considering this observation, we estimated the fault model of the 2017 Pohang earthquake. We determined hypocenters of the earthquake sequence and carried out moment tensor inversion. Then we estimated the dimension and depth of the fault plane using aftershock distribution and displacement on the fault using the seismic moment. Surface deformation was calculated using the formula of Okada (1985) and assuming several models of slip distribution on the fault and was compared with the surface deformation pattern in LOS direction. Larger surface deformation toward the satellite was observed to the northeast from the epicenter and this pattern was well explained by fault models having the slip on the shallow fault plane. During the presentation, we will discuss more about the fault model comparing surface deformation and the aftershock distribution.

キーワード：2017 Pohang earthquake、surface deformation、aftershock distribution、fault model
Keywords: 2017 Pohang earthquake, surface deformation, aftershock distribution, fault model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of rupture directivity, fault plane, and stress drop of small earthquakes in inland areas of Japan

*吉田 圭佑[1]、齊藤 竜彦[2]、江本 賢太郎[1]、浦田 優美[2]
*Keisuke Yoshida[1], Tatsuhiko Saito[2], Kentaro Emoto[1], Yumi Urata[2]

1. 東北大学理学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Tohoku University, 2. NIED

Dominant frequency or duration of seismic waves is considered to reflect the fault size. Some studies used the dominant frequency for the estimation of fault size and stress drop for small earthquakes assuming simple fault models (e.g., Brune, 1970; Sato & Hirasawa, 1973; Madariaga, 1976) without estimating heterogeneous slip distribution on the fault. Some of the simple source models are based on a symmetrical circular fault model (Madariaga & Ruiz, 2016). The assumption of the isotropic rupture evolution on a symmetrical circular fault can lead to a large estimation error of the fault size and thus the stress drops if the real source process is asymmetrical or exhibits a significant directivity effect (e.g., Kaneko & Shearer, 2015). We should carefully check if we can assume a symmetrical source model when we apply it in analyzing seismograms of small earthquakes.

We investigated the rupture directivities of small and moderate-sized earthquakes (M_JMA>2) in the Yamagata-Fukushima border earthquake swarm which was estimated to be triggered by the upward fluid movement after the 2011 Tohoku-Oki earthquake. We utilized the dense nationwide seismic network in Japan to estimate the rupture directivity. Apparent source time functions were calculated at each station for 1,782 earthquakes based on the waveform deconvolution technique with nearby (< 300 m) small earthquakes to remove the propagation- and site-effects. We found clear directional dependences of the peak amplitude and the pulse width in the apparent source time functions, suggesting the earthquake rupture directivity, for 904 of 1,782 events.

Based on the unilateral rupture model, we estimated the direction, duration, and velocity of rupture for each earthquake. Rupture directions of most earthquakes tend to be different from those of the hypocenter migration. This difference between the microscopic and macroscopic propagations of rupture might be explained by the spatial variation of the frictional strength; ruptures of each earthquake are hindered to develop toward shallower part due to higher frictional strength ahead of the pore-pressure front (shallower part) than behind (deeper part). It suggests the importance of the knowledge of frictional strength on fault to understand fracture dynamics of small earthquakes.

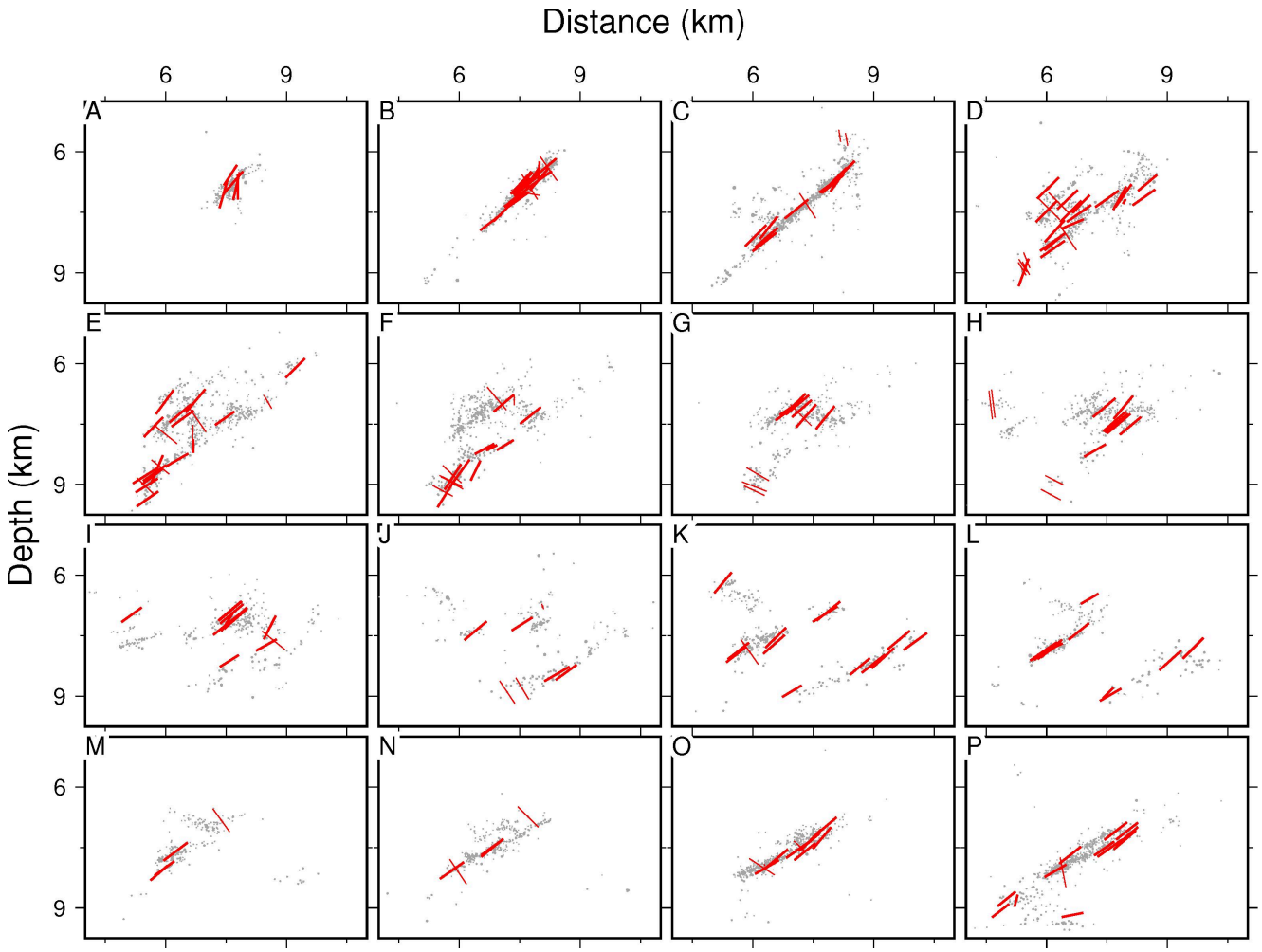
Besides, we estimated fault planes of small and moderate-sized earthquakes based on focal mechanism and rupture directivity (Fig.). Most of fault planes are parallel to the macroscopic planar structures, which suggests that they were triggered by fluid intrusions along those common planar structures. By taking the limitation of the resolution of hypocenter relocation, information from the rupture directivity can be unique data to reliably determine the fault planes of small and moderate-sized earthquakes.

By considering the estimated fault planes and areas of small earthquakes, we confirmed the temporal increase in stress drop reported by Yoshida et al. (2017, JGR). The systematic temporal changes in frictional strength, stress drop, background seismicity rate, b-values, the upward hypocenter migration along the planar structures, and the rupture directivity rather opposite to the hypocenter migration can be explained in a consistent manner by the effects of the upward fluid flow along several pre-existing planes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

after the 2011 M9 Tohoku-Oki earthquake.

キーワード：rupture directivity、pore pressure、fault plane
Keywords: frictional strength, stress drop, hypocenter migration



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鹿児島湾で発生した M 5.3 の地震の前駆的活動及び余震活動にみられる震源 migration とその背後の非地震的過程

Possible aseismic phenomena causing the hypocenter migration in the precursory activity and aftershocks of the 2017 M 5.3 Kagoshima Bay earthquake, Kyusyu, SW Japan

*松本 圭晶[1]、吉田 圭佑[1]、松澤 暢[1]、長谷川 昭[1]
*Yoshiaki Matsumoto[1], Keisuke Yoshida[1], Toru Matsuzawa[1], Akira Hasegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Tohoku University

地震の発生要因としては，断層上のせん断応力の増加の他に，面の摩擦強度の低下が考えられる．このことは，地震の発生に間隙水圧の変化が深く関わっていることを示唆する (例えば，Hasegawa, 2017; Hubbert and Rubey, 1959; Nur and Booker, 1972; Sibson, 1992)．従って，地下の流体の挙動を調べることは地震の発生メカニズムを考える上でとても重要である． 震源 migration は，地下に存在する流体の移動や面に沿っての非地震性の滑りのような非地震的な現象に起因するとよく説明される．このように，詳細な震源の時空間分布は，地殻や上部マントルで生じている非地震的な現象を調べるための重要な手がかりとなる．

2017 年 7 月 11 日 11:56 (JST) に，鹿児島湾の深さ約 10 km を震源とする M 5.3 の地震が発生した．本震震源の周辺では，前年の2016 年 12 月頃を境に地震活動が活発化していたことがわかっている．本研究では， M 5.3 の地震の前後で発生した地震について，波形相関を用いた精密な震源再決定により求めた詳細な震源分布を用いて，一連の地震活動活発化の原因について調べた．

まず，気象庁一元化震源カタログに記載されている 2010 年1月から2018年4月の期間において鹿児島湾南部の本震震源周辺で発生した地震を対象にして，波形相関を用いることで精密な到達時刻差を求めた．この波形相関を用いて得られた到達時刻差データとカタログ記載の検測値の到達時刻差データに対し， DD 震源決定法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002) を適用した．初期震源としては，気象庁一元化震源カタログデータを用いた．

震源再決定により，気象庁一元化カタログの震源では雲状にばらついていた震源が，複数枚の面状に集中した．それらのうちの主要な面の方向は，本震や余震のメカニズム解の節面の一つと整合的である．特に，前駆的活動の震源の多くは 1 枚の面状に集中し，震源が時間と共に面上を広がるような明瞭な震源 migration をする性質を示した．その「面」の中には震源の空白域がみられ，本震震源は空白域の端に位置する．余震の震源もまた空白域を避けるように分布することから，本震の主要なすべり域がこの空白域に対応する可能性がある．スペクトル比法を用いて推定した本震震源スペクトルのコーナー周波数から求めた本震の断層サイズはこの空白域の大きさと整合的であった．余震の震源は複数枚の面状構造を示し，その活動が時間とともに浅部から深部へと移動する傾向がみられる．このような浅部から深部へと向かう震源移動の特徴は，流体の関与が指摘されている，東北沖地震後にstress shadowである東北地方中部で発生した群発地震活動の特徴 (Yoshida & Hasegawa, 2018) と良く似ている．

以上の前駆的活動と余震活動にみられた震源の空白域および震源の migration などの特徴は，次のように考えると説明できるかもしれない．(1) 本震の発生に先立ち既存の亀裂等の弱面に流体が浸入し，弱面の摩擦強度が減少することで，活発な前駆的活動が生じた．そして，流体が弱面に沿って移動することに伴い，前駆的活動の発生場所も徐々に移動した. この際，トリガーされた非地震性すべりや本震の前駆的すべりも生じて地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震発生・震源移動に貢献したかもしれない．(2) 前駆的活動がさらに進行し，前駆的活動では地震すべりが生じなかった空白域においてもついに本震すべりに至った． (3) 本震に伴う応力変化により広範囲で余震が生じた．また前駆的活動や本震に関与した流体が複数枚の弱面を伝わりながら浅部へ移動していった結果，震源も深部から浅部へと移動した．

キーワード：鹿児島湾の地震活動、前駆的活動、余震、震源migration、空白域
Keywords: seismic activity in Kagoshima Bay, precursory seismic activity, aftershocks, hypocenter migration, seismic gap

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震に先行する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化
Stress and pore fluid pressure changes in fault zone preceding the earthquake occurrence

*山下 輝夫
*Teruo Yamashita

本講演では、弾塑性変形する断層帯内部の応力・間隙流体圧変化を理論的に考察する。このような考察は、地震発生に至る過程についての知見を得るのに有用であろう。解析には、孔隙弾塑性理論(poro-elasto-plasticity)を用いる (Coussy,2006)。塑性条件としてCapped Drucker-Pragerモデルを仮定する（図１）。$f=\tau_J+f_m\sigma_{eff}+\kappa=0$で記述される塑性条件の直線部分（直線A）の基本パラメタは、内部摩擦係数f_mで与えられる。なお、κは硬化変数の関数、$(\tau_J)^2$は偏差応力の第2普遍量、$\sigma_{eff}(=(\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3)/3+p_f)$は平均実効応力であり、$\sigma_i$(i=1,2,3)と$p_f$は主応力と間隙流体圧である。塑性条件が満たされれば、遠方応力の増大とともに図1の矢印に示すように応力状態が変化していく（比較的低い平均実効応力を仮定し、点Iは弾性領域内部の初期値で直線A上のある点Pで初めて塑性条件を満たすとする）。塑性ポテンシアルについては、岩石実験結果に基づき非関連流れ則を用いることにし、図1の直線部分の塑性条件に対応する塑性ポテンシアルとして$g=\tau_J+f_d\sigma_{eff}+\kappa$を仮定する。ここで、$f_d$はdilatancy factorと呼ばれ、一般に$f_m>f_d$の関係がある。塑性体積歪は、f_dに比例し正となる。そのため、図1の直線部分Aでは、流体圧変化は負になることが予想される。空隙率が小さいほどf_mは大きいということが実験により知られている(Chang et al.,2006)。空隙率の低い岩体からなる断層ダメージ帯では、断層コアに近いほど透水率は高いと考えられている。したがって、断層コアに近いほど空隙率は高く、f_mは小さいと考えるのは妥当だろう。f_mは断層ダメージ帯と断層コアの境界付近(y=+0)で最小値を取り、外部に向かって線形増大し一定値に達するという1次元モデルを仮定する（図２）。f_mが線形増大する領域を断層ダメージ帯と呼ぶことにする。断層コアについては、空隙率が十分に小さいためf_mは断層ダメージ帯外部の値と同程度で流体の出入りはないとする。また、遠方で主応力($\sigma_1<\sigma_2<\sigma_3<0$)が作用しその絶対値が準静的かつ一様に増大していくものとする。したがって、応力の蓄積が十分になった時点で、断層ダメージ帯と断層コアの境界付近(|y|=c+0)で塑性が始まり、塑性域は徐々に外部に向かって広がっていく（なお、σ_1の蓄積速度は、0.2MPa/年とする)。 図1の直線A上に応力点がある限り、流体圧は応力蓄積とともに減少していくことが予想されるが、問題は、その流体圧変化速度の応力蓄積速度への依存性である。さらには、地震発生の問題からは、塑性域内部の応力変化も関心事となる。図３に透水率$10^{-18}m^2$について|y|=c+0での流体圧の時間変化の例を示す。曲線(A)は塑性硬化がある場合。(B),(C)は完全塑性の場合であるが、(C)のほうが断層ダメージ帯の幅が二倍大きい。これから、 (a)塑性硬化が小さいほど、(b)断層ダメージ帯幅が大きいほど、塑性域内部の流体圧低下は大きいことがわかる。しかし、無次元時間t/dt=10000での孔隙弾性だけによるによる流体圧変化（上昇）は、約10MPaと見積もられ、塑性効果は、無視できる程度だと考えられる。もちろん、透水率がもっと大きければ流体圧の低下は軽減される。実際、数値計算によると、透水率が$10^{-17}m^2$の場合は、10^{-18} m^2の場合に比べてy=0での流体圧低下は26%程度である。さらに、塑性域内部のせん断応力$|\sigma_1-\sigma_3|$の値は塑性域外部に比べ小さくなり、また圧縮応力$|\sigma_1+\sigma_3|$の値は大きくなる。そのため、断層ダメージ帯は、塑性域の拡大とともに、より安定的になっていく。ただ、断層ダメージ帯と断層コアの境界付近で応力・流体圧の急変があり、場合によりこの境界が壊れる可能性もある。応力が蓄積にするに従い、応力点は直線A上を左上に移動して行くが、もちろん無限にこのようなことが起きるわけではない。実験からは、ある応力値を超えると、図１の曲線Bで表される塑性条件がもっともらしいと考えられている。この部分は、一般にcapと呼ばれ、その上では塑性体積ひずみは負に転ずる。そのため、流体圧は上昇に転じ、ダメージ帯はより不安定になっていく。したがって、地震発生に至るためには、応力点がcap上に乗り移る必要がある。講演では、流体圧が低下から上昇に至る全過程についての計算結果の紹介も行う。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：孔隙弾塑性理論、ドラッカー・プラガーモデル、断層帯
Keywords: poro-elasto-plasticity theory, Drucker-Prager model, fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

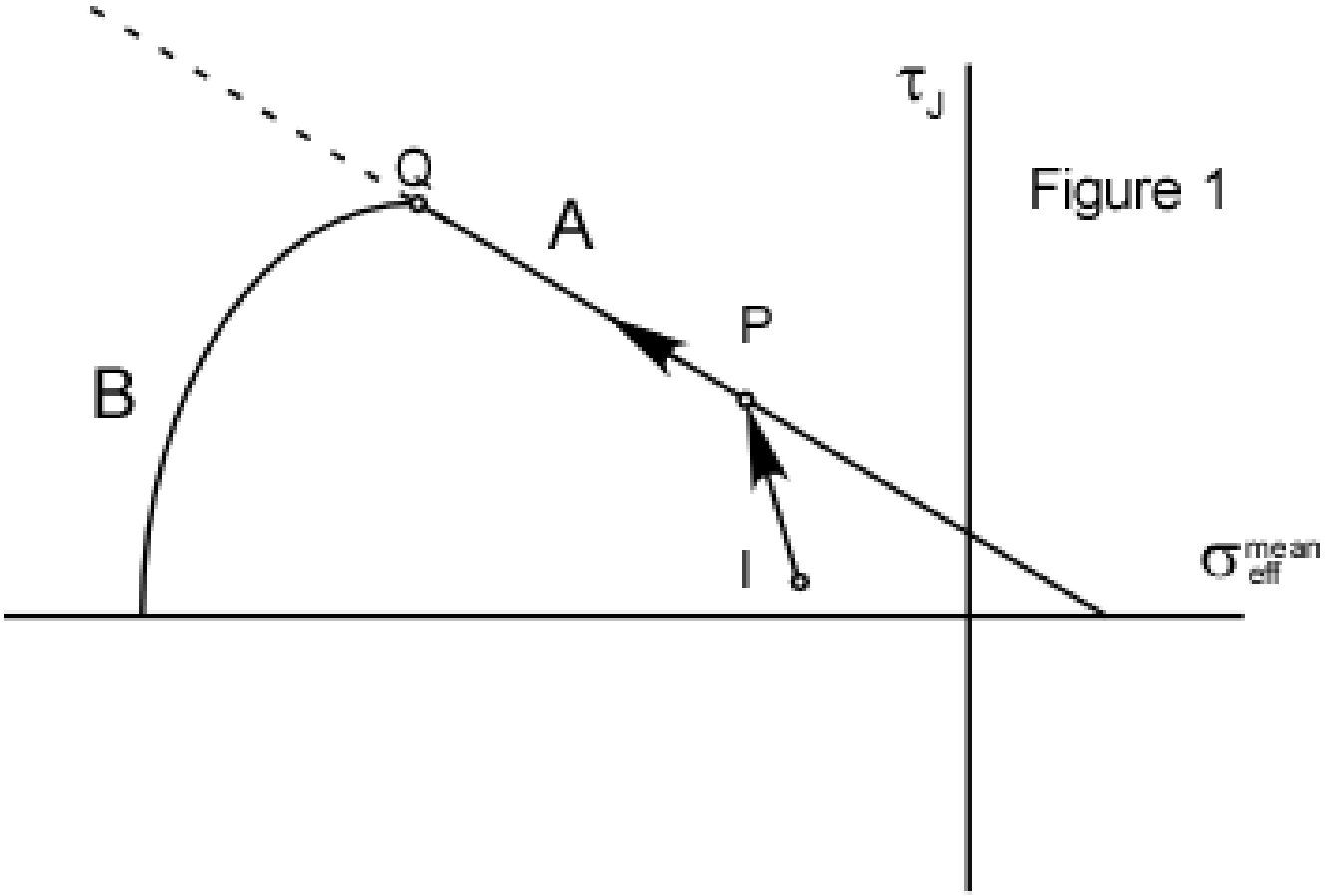


Figure 1

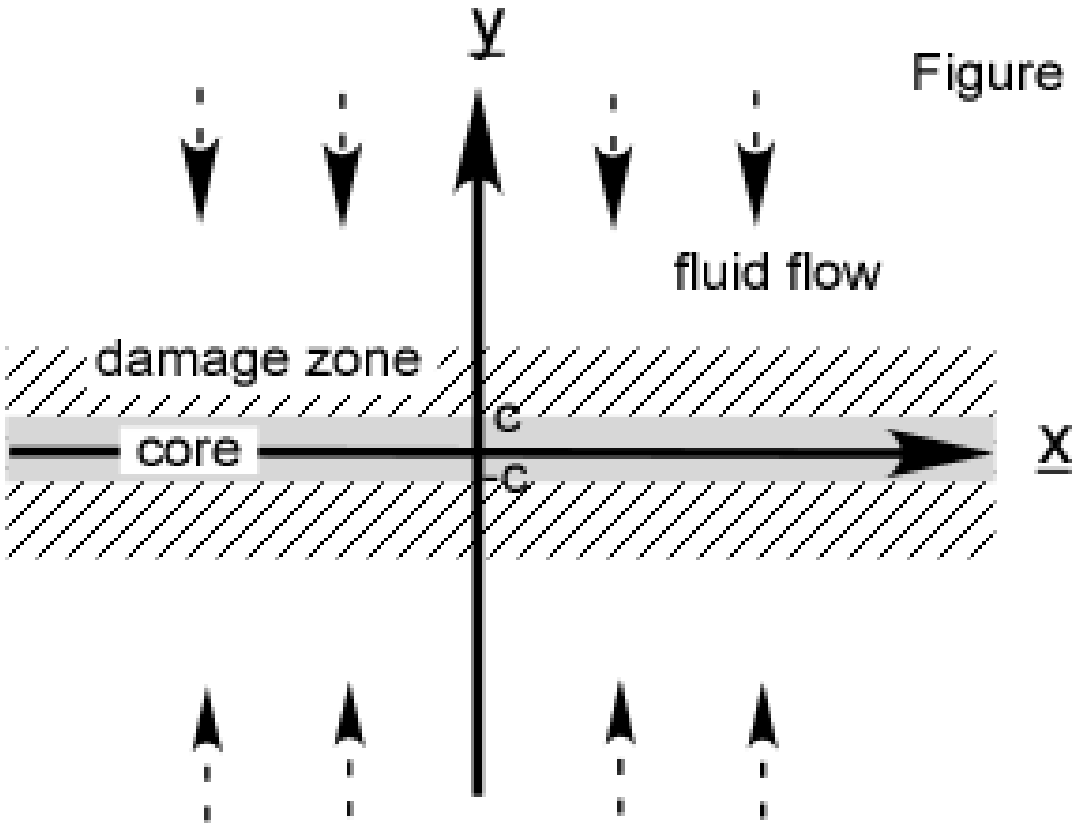


Figure 2

Figure 3

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自然・人工地震で観測されるソースパラメターの時空間変化と面上流体拡散を記述する流体誘起地震の微視的物理モデル
Micromechanical model of fluid-induced seismicity to reproduce observed spatiotemporal changes in source parameters and on-fault fluid diffusion

*佐藤 大祐[1]、吉田 圭佑[2]
*Daisuke Sato[1], Keisuke Yoshida[2]

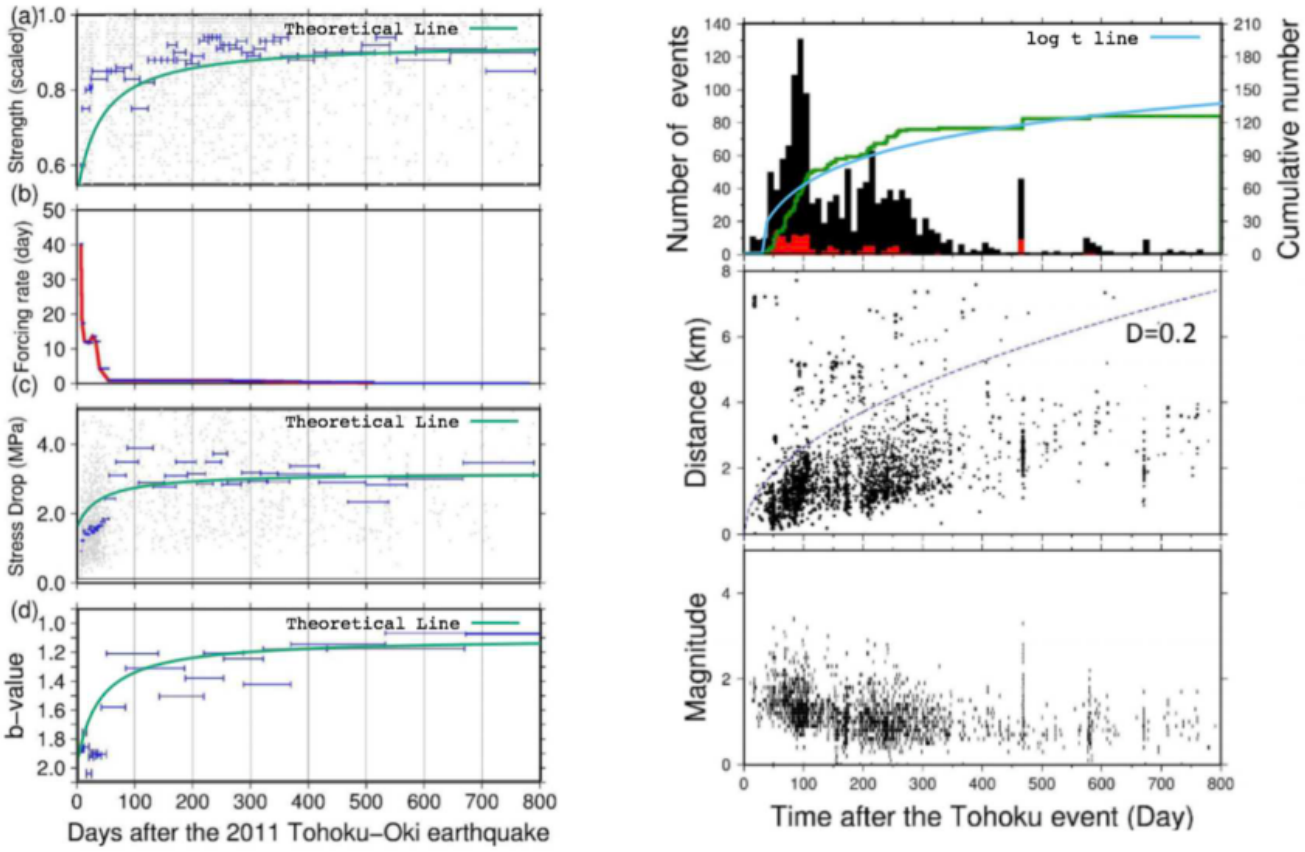
1. 京都大学防災研究所、2. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Tohoku University

群発性の自然地震や注水実験による人工地震で、流体と地震活動との関係が示唆されてきた。震源リロケーションを用いたいくつかの解析では、地震活動は面的に拡散すること(e.g., Yukutake et al., 2010)、流体注入(あるいはそれと思しき本震を伴わない地震発生レートの急増)時刻からの経過時間の関数としていくつかのソースパラメター(ストレスドロップ・強度・b値・地震発生レート)が変化することが報告されている(e.g., Yoshida et al., 2017; Bachmann et al., 2012)。本研究で我々は、微視的物理から期待される強度不均一を考慮し、上記観測を説明するような、面上流体拡散によって生じる地震活動の微視的物理モデルを構築する。

内容は4つに分けられる。第一に微視的物理モデルが提示される。モデル中では、互いの相互作用が無視できるほどに十分小さなパッチが面上にランダムに配置され、パッチは点源として注入された流体による有効強度の降下によって破壊される。第二に、微視的物理モデルでの複数の巨視的震源パラメターの時空間変化が解析的に解かれる。結果、複数のソースパラメターが、注入圧と流体の拡散有効半径、法線圧、余剰強度のゆらぎによってパラメトライズされ、また共通のマスターカーブで記述される。第三に、観測結果がフィッティングされ、理論と観測との整合性が示される。第四に、モーメント解放量の時間推移についての理論予言がYoshida et al., (2017)のデータを通して実証され、理論の正しさが強く裏付けられる。

キーワード：群発地震と流体誘起地震、微視的物理モデル、ソースパラメター
Keywords: earthquake swarms and induced-seismicity, micromechanical model, source paraemters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Yoshida et al. (2017)

Fig. 1. A data example of Yoshida et al. (2017) fitted by our theoretical model (written as theoretical or log t line in the figure), after Yoshida et al (2017). (Left) Temporal evolution of the source paramters. (Right) Number of events and the spatial patterns of the seismicity.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寳楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学　地域強靭化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震
Paleoseismicity of Atsuma Town , Hokkaido: Evidence from landslide deposits

*田近 淳[1]、乾 哲也[2]
*Jun Tajika[1], Tetsuya Inui[2]

1. 株式会社ドーコン、2. 厚真町教育委員会
1. Docon Co.,Ltd., 2. Board of Education, Atsuma Town

2018年北海道胆振東部地震（胆振東部地震）が発生し，この地域の地震履歴が注目されている．筆者らは，以前，厚真町厚幌１遺跡で縄文時代中期（土器編年からは約4千年前：^{14}C年代は5.6～2.5cal.yBP）に地震よる地すべり（成層した樽前dテフラ（以下Ta-d：9ka）のスライド：debris slide）が発生したことを示し，それらは石狩低地東縁断層帯の活動時期と一致することを指摘した（田近ほか，2004，2016）．今後のこの地域の地震活動を評価する上で，古地震の痕跡の再検討は重要な課題である．そこで，厚幌１遺跡背後の斜面で，今回再び発生した地すべりを記載し，縄文時代の地震（縄文地震）による地すべりと比較するとともに，町内の遺跡で見られる地震痕跡について整理を行った．

胆振東部地震による地すべりは厚幌１遺跡の背後の斜面A～E５か所で発生した．いずれも成層したTa-dテフラのスライドで，縄文時代の地すべりと同じである．平滑斜面で発生したAを除くと，すべて斜面下部を遷急線で切られた懸谷形斜面で発生した．これらの移動体は長距離移動し，特に最大のBの移動体は道路盛土（約7m）を乗り越え斜面基部から約170m移動して別の道路盛土を削剥して停止した．B及びD,Eの斜面下では縄文地震の際の地すべり移動体が発見されているが，斜面基部からの移動量は最大約70mにすぎない．ただし，見かけの等価摩擦係数は0.3程度で両者ともあまり変わらない．移動距離が大きいのは崩壊源が斜面上部に拡大したことなどが原因かもしれない．

縄文地震と同時期の地すべり堆積物やその痕跡は，厚幌ダム湛水域のオニキシベ３遺跡をはじめとして上幌内モイ遺跡，イクバンドユクチセ遺跡，ヲチャラセナイ遺跡北部など広い範囲に分布する（厚真町教育委員会，2009；北海道埋蔵文化財センター，2016，2018）．また，今回の地震で崩壊した山腹斜面にはTa-dを欠く，あるいは樽前cテフラ（Ta-c：2.5ka）の上にTa-dが載る斜面がしばしばみられ，縄文地震イベントあるいはTa-cと樽前bテフラ（Ta-b：AD1667年）間の地震イベントで崩壊した斜面の可能性がある．厚真町内ではこのほかに，Ta-c以降，苫小牧白頭山テフラ（B-Tm：10C）以前の「地割れ」イベント（豊沢地区，豊沢６遺跡：北海道教育委員会，2012），Ta-b（AD1694年）とTa-a(AD1739年)の間に液状化イベント（吉野地区ヲイカルマイ遺跡：厚真町教育委員会，2013）が確認されているのみである．以上のように，現時点ではテフラのスライドが群発するようなイベントは，Ta-d の堆積した9千年前以降，今回と縄文地震以外には認められない．Ta-cとB-Tm間のイベントも斜面変動を伴うが，その規模は小さい．

キーワード：古地震学、液状化、地すべり移動体
Keywords: Paleo seismology, Liquefaction, landslide body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

Gravity survey and subsurface structure across the Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Northeast Japan(part 2; estimation of the subsurface structure using the density of rock samples)

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8]
*Shinsuke Okada[1], Hideki Kosaka[2], Kyoko Kagohara[3], Toshifumi Imaizumi[4], Kohei Abe[5], Susumu Sakashita[5], Atsushi Miwa[5], Kouta Koshika[5], Yusuke Oda[5], Yuki tsukamoto[6], Takahiro Miyauchi[7], Tomoo Echigo[8]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. （株）環境地質、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学名誉教授、5. 応用地質株式会社、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8. 地域地盤環境研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Kankyo Chishitsu, Co. Ltd., 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Emeritus professor of Tohoku University, 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Department of Earth Sciences, Graduate School and Faculty of Science, Chiba University, 8. Geo-Research Institute

青森湾西岸断層帯は，青森県東津軽郡蓬田村から青森市に向かって，北北西−南南東方向に延びる長さ約31 km断層帯であり，青森湾西断層，野木和断層，入内断層から構成される西傾斜の逆断層帯である（地震調査研究推進本部, 2004）。楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）では，2016年に蓬田村周辺において青森湾西断層を横断する浅層反射法地震探査およびCSAMT探査を実施し，浅部で低角化した青森湾西断層とその逆断層運動によって変形を受けた地質構造を明らかにした。本研究では，楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）と同一測線において2017年に重力探査を実施し，ブーゲー重力異常による地下の密度構造を推定した（岡田ほか, 2018）。

得られたブーゲー重力異常は，浅層反射法地震探査（楮原, 2017）およびCSAMT探査（坂下, 2017）から得られた地下の地質構造を拘束条件として用い，タルワニ法（Talwani et al., 1959）によって，地下構造を検証した。しかし，2018年の発表（岡田ほか, 2018）では，各地層の密度の推定に検討の余地があり，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の一部に乖離がある部分もあった。そこで，各地層の露頭においてサンプリング調査を実施し，岩石密度測定（村田ほか編, 1991の方法に基づく）を行うことによって，ブーゲー重力異常の計算に用いた。一部の層準には，密度の逆転が見られた。密度測定の結果をタルワニ法に用いることにより，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の乖離がほぼ解消し，地下の密度構造の推定が大きく改善された。

[文献]

地震調査研究推進本部, 2014, 青森湾西岸断層帯の評価, 16 p.

楮原京子ほか, 2017, 津軽山地東縁における反射法地震探査, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P08, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

村田泰章ほか編，1991，日本の岩石物性値ー密度，磁性，P波速度，有効間隙率，熱伝導ー, 地質調査所報告, No. 276, 302 pp.

岡田ほか, 2019, 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造, 日本地球惑星科学連合2018年大会, SSS08-P05, 幕張メッセ国際会議場, 2018-05-22.

坂下　晋ほか, 2017, 多チャンネル電磁探査装置を用いた高密度CSAMT探査の活構造調査への適用, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P18, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talwani M., Worzel J. L., and Landisman M., 1959, Rapid gravity computations for 2-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, J. Geophys. Res., 64, 49-59, doi:10.1029/JZ064i001p00049.

キーワード：重力探査、ブーゲー重力異常、岩石密度測定、青森湾西岸断層帯、反射法地震探査、CSAMT探査
Keywords: Gravity survey, Bouguer gravity anomaly, Rock density measuring, Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Seismic reflection survey, CSAMT survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？
Was the 1611 Keicho earthquake a giant interplate event like the 2011 Tohoku earthquake?

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1]
*Tomoya Harada[1], Akihito Nishiyama[1], Kenji Satake[1], Takashi Furumura[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

慶長十六年十月二十八日（1611年12月2日）の三陸地震（以下，「慶長三陸地震」）は，地震動による被害の記録は未発見だが，東北地方･北海道の太平洋岸で津波による犠牲者が多数出たと記録されている．この特徴が，1896年明治三陸地震（M8.1）や1933年昭和三陸地震（M8.1）の特徴と似ていることから，慶長地震は，これらと同タイプの地震であったと考えられてきた（羽鳥，1975；相田，1977；渡辺，1998）．ところが，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0；以下，「東北地震」）の発生後，慶長三陸地震による津波が，東北地震による津波と同様に広域的に高かったと判断し（例えば，蝦名，2014；岩本，2013），この津波を再現するためには，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震（Mw8.4～8.7）（今井･他，2015），あるいは，Mw9.0の津波地震（福原･谷岡，2017）を考える必要があることを，津波シミュレーションに基づき議論している．この判断は，三陸地方や仙台平野に伝わる津波の伝説や伝承を含む歴史記録に基づく津波高や浸水範囲（例えば，羽鳥，1975；都司･他，2011；蝦名･今井，2014）の推定が，東北地震と同等以上であることを主な根拠としている．しかし，津波高や浸水域の推定方法，推定に使われた歴史記録の信頼性について十分な検討が行われたとは言い難く，歴史研究者からも疑問が呈されている（例えば，菅野，2014；佐々木，2014；斎野，2017）．

そこで本研究では，同時代史料による慶長地震の特徴と東北地震を比較することにより，慶長三陸地震の震源像を考察した．

東北地震の発生時，東京は震度5弱～5強の強い揺れに長時間見舞われ，本震後24時間以内の有感地震は200回を越えた（気象庁震度データベースによる）．さらに，長野県北部でMw6.7，静岡県東部でMw6.4の誘発地震が発生し，被害も出た．よって，慶長三陸地震が東北地震と同規模のプレート間地震であれば，江戸では長時間の強い揺れとそれに伴う大被害，さらに，数日以上にわたる余震・誘発地震による揺れが記録されている可能性がある．実際に，寛政五年一月七日（1793年2月17日）の宮城県沖の地震（M8.0～8.4）では，江戸で小被害と地震後2日間で約50回の有感地震が記録されている（宇佐美･他,2013）．

慶長三陸地震発生時の江戸には，京都の公家の山科言緒と舟橋秀賢が滞在しており，それぞれ，『言緒卿記』に「（廿八日）辰刻大地振，（廿九日）至夜地動」，『慶長日件録』に「（廿八日）午刻地震，（廿九日）丑刻地動」と記している．本震の震度は3程度と推定され，長時間揺れたという記述はない．また，余震によると思われる揺れは，本震翌日の“地動”が1回記録されているのみである．さらに，両日記には，地震翌日に武蔵野見物に行った様子が記されており，有感地震が続発した状況はみられない．『駿府記』によれば，徳川家康は十月廿六日以降に現埼玉県内で何事もなく鷹狩りを挙行している．また，東北地震後のような誘発被害地震の記録もない．したがって，関東において，本震の揺れが弱く，活発な余震活動や誘発地震の記録がない慶長三陸地震が，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震であったとは考え難い．

斎野（2017）によれば，仙台平野の考古遺跡からは，岩沼市の高大瀬遺跡を除いてこの地震によると考えられる津波堆積物は確認されていない．また，岩手県宮古市の沼の浜，福島県南相馬市の井田川低地においても確認されておらず（Goto et al. 2019; Kusumoto et al. 2018），慶長三陸地震の津波の規模は東北地震より小さかった可能性が高い．

以上より，この地震は，三陸海岸で10m以上の高い津波を発生させたが，東京において本震の揺れが弱く，余震もほぼ感じられなかった明治三陸地震か昭和三陸地震と同タイプの地震であった可能性が高い．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なお，後世に成立した史料や成立年不明の史料の中には，慶長三陸地震の5年後の元和二年（1616年）十月廿八日に地震と津波があったことを示す史料が含まれる．例えば，『大槌古館由来記』では「元和二年丙辰年大津波，其日十月廿八日八日市日ニて，朝よりゆり出度々地震仕候，」の記述がある．

元和二年には，七月廿八日に仙台城の石垣･櫓に大被害を与えた大地震が記録されており，（『伊達治家記録』），時刻は異なるが江戸における長時間の地震の揺れの記述もある（『イギリス商館長日記』）．商館長日記には，翌日にも江戸で2,3回の地震があったと記述されている．したがって，『大槌古館由来記』のような史料では，慶長三陸地震と元和二年の大地震とが混同されている可能性がある．今後，慶長三陸地震の地震像を考えるに当たり，元和二年の大地震を含めた検討が必要である．

キーワード：1611年慶長の三陸地震、プレート間超巨大地震、史料の信頼性、一級地震史料、津波高と津波浸水域、津波堆積物
Keywords: 1611 Keicho earthquake, a giant interplate earthquake, reliability of historical records, primary historical documents, tsunami heights and inundation areas, tsunami traces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

*Liao Jhih Hao[1]、Shyu J Bruce[1]、Iryu Yasufumi[2]、Tsutsumi Hiroyuki[3]、Chia-Yu Chen[1]
*Jhih Hao Liao[1], J Bruce H Shyu[1], Yasufumi Iryu[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Chia-Yu Chen[1]

1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan
1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan

The islands of Japan are located at the boundaries between the Eurasian, Philippine Sea, and Pacific plates, with frequent earthquakes and numerous active structures. In the Tohoku Region, for example, the Ou Backbone Range is bounded on its both sides by two major active structural systems: the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin in the west and the Western Marginal Fault Zone of the Kitakami Lowland in the east. However, the relative activeness and characteristics of these two systems are still not clear. As fluvial systems are capable of recording variations of topography caused by tectonic, climatic, lithologic, and anthropogenic influences, we hope to further understand these two structural systems using fluvial geomorphology of the Ou Backbone Range area.

In this study, we analyzed river profiles to obtain the geomorphic index χ and the river steepness index (k_{sn}). The results show that the steepness index of river channels along the two flanks of the Ou Backbone Range are different, likely indicating different tectonic activities. However, we also found a number of knickpoints along several river networks. We investigated these knickpoints with satellite imagery and field surveys. Our results show that these knickpoints are mostly produced by local resistant rock layers or check dams, instead of reflecting different states of tectonic activity.

Therefore, we were able to exclude the influence of the knickpoints and to focus only on the results of river steepness index. The results show that rivers along the western flank of the Ou Backbone Range generally have steeper channels than those along the eastern flank. This suggests that the uplift rate of the range’s western flank is higher, and the structures in the west may have higher activity. The results are consistent with the vertical slip rate estimates of the faults; ~1 mm/yr for the western flank and 0.2-0.4 mm/yr for the eastern flank. Moreover, the northern segment of the range’s western flank has the steepest river channels. This result appears to correspond with the surface ruptures of the Senya fault, Ota fault, and other related faults during the 1896 Rikuu earthquake. As a result, we propose that the northern segment of the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin may be the primary structural system in the region, producing the faster uplift of the range and rapid subsidence of the basin, and steeper channels along the western flank of the Ou Backbone Range.

キーワード：Neotectonic activity、river steepness index、fluvial geomorphic index χ、Ou Backbone Range、Japan
Keywords: Neotectonic activity, river steepness index, fluvial geomorphic index χ, Ou Backbone Range, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録ー予報ー

Tsunami record of the last 700 years in bottom sediment of lake Kasumi-ga-ura, southeastern part of Ibaragi Prefecture

*井内 美郎[1]
*Yoshio Inouchi[1]

1. 早稲田大学人間科学学術院
1. Faculty of Human Sciences, Waseda University

茨城県東南部に位置する霞ケ浦は，利根川筋を通じて太平洋と連絡している．今回試料を採取した霞ケ浦中央部は，利根川河口から最大約50kmの距離がある．また，2011年3月の東北地方太平洋沖地震の際に観察された津波高は，利根川河口で+2.5m，河口から約18kmの河口堰で最大Y.P.+2.4m(T.P.+1.6m)が観測された（独立行政法人水資源機構 利根川下流総合管理所・利根川河口堰管理所ホームページより）．このような情報を背景に霞ケ浦湖底堆積物の検討を行った．2018年8月21日，霞ケ浦の湖心域水深約6mにおいて押し込み式柱状採泥器を用いて77cm長の試料を採取した．採取試料についてＣＴスキャナを用いてCT画像を撮影し，厚さ1cm毎に粒度分析用試料を採取した．試料断面肉眼観察の結果，深度42cmに浅間Aテフラ，深度50cmに富士宝永テフラが，深度70～73cmにヤマトシジミ殻数個が確認できた．CT画像観察と粒度分析の結果，通常の堆積物は体積重み付き平均粒径で10マイクロメーター以下であるのに対して，10マイクロメーターを上回り，CT画像で上下の層準より相対的にX線の透過が劣るという特徴のある10層準以上のイベント層が確認できた．それらの層準は，砂粒子を実体顕微鏡で観察した結果，石英・長石・輝石などの鉱物粒子や軽石・スコリア粒子などのほか，微量の植物片や貝殻片が確認できるばあいがある．堆積物の乾燥重量とテフラの降下年代を基に重量堆積速度を求め，それぞれのイベント堆積物の堆積年代を推定したところ，歴史的な大きな津波の年代と近似することが明らかになった．先に述べたように，霞ケ浦は太平洋から50㎞以上離れており，利根川筋を通じで遡上した津波高は早急に減衰することが考えられるが，今回の調査の結果，いくつかの大きな津波は，利根川流域の底質を巻き込みながら，霞ケ浦にまで到達した可能性が高いことが示された．その主なものは，1933年昭和三陸津波，1909年千葉房総沖地震津波，1896年明治三陸地震津波，1877年および1837年チリ地震津波，1703年元禄地震津波，1677年延宝房総沖地震津波，1605年慶長地震津波または1611年慶長三陸津波，1586年天正13年津波，1498年明応地震津波または1454年享禄地震津波，1361年正平16年地震津波などの可能性がある．

キーワード：津波、地震、湖沼、堆積物、粒度
Keywords: tsunami, earthquake, lake, sediment, grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出
Detecting concealed fault by microtremor H/V study in Miura Peninsula

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1]
*Kazuzi Ogawa[1], Yasuyuki Iwase[1], Takumi Murakoshi[1], Toshihisa Itano[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy

関東地方南部に位置する三浦半島は多くの活断層が存在する。5万分の1地質図幅 横須賀(1998)によると、葉山地域湘南国際村の中心部におよそ東西走向の伏在断層があると考えられている。本研究では、存在しているとされる断層（伏在断層）を検出する手法として、常時微動観測による断層の検出を目指している。常時微動とは、地震の無い時にも常に地面を揺らしている振動のことである。常時微動は自然現象や人間活動に起因する、一見ランダムなノイズだが、伝播の媒質となる地盤の情報を含んでいる。現在では、常時微動のH/Vスペクトル比を用いた研究は観測の利便性もあり、 中村ほか(1986)の従来の地盤評価、Gueguen et al.(2000)の地下構造推定を経て、渋谷(2008)やSant et al.(2017)のような活断層の検出という風に応用が広がっている。

本研究では、常時微動観測は地質図に示されている伏在断層を横切るように南北約700mの範囲内の15か所の観測点で実施した。観測は、JU410（白山工業）を用いて行い、サンプリング周波数は100 Hzとした。また、各観測点で15分間計測した。解析は、データウィンドウ長を20秒とし、45個のデータセットのうちノイズの激しい部分を除去したデータセットからH/Vスペクトル比を計算し、その平均値を用いた。データセットにはオーバーラップは認めていない。本研究のH/Vスペクトル比の算出方法は、以下の通りである。まず南北・東西・上下方向の加速度波形からそれぞれのフーリエスペクトルを求める。次に、スペクトルの南北成分の2乗と東西成分の2乗の和の平方根を、上下成分で除すことからH/Vスペクトル比を求める。また、南北成分を上下成分で除す及び東西成分を上下成分で除すことからNS/UD、EW/UDをそれぞれ求める。H/Vスペクトル比の算出と、NS/UD及びEW/UDの算出は別々に行う。このことから、南北方向と東西方向について異方性を考慮することができる。

解析の結果、H/Vスペクトル比の卓越周波数は地質図に示された伏在断層のおよそ100 m南を境に北部では5 Hz程度、南部では3 Hz程度であり、伏在断層の直交方向の卓越周波数の変化が確認された。このことは湘南国際村の中心部において、北から南に向かい、基盤岩と堆積層の境界が深くなっている可能性を示している。また、H/Vスペクトル比のピークが見られる周波数においてEW/UDがNS/UDに対して卓越していることが確認された。このことは、湘南国際村の中心部において東西方向に伏在断層が存在し、常時微動H/Vスペクトル比が卓越する周波数において伏在断層の走向と同じ方向にスペクトルが大きくなるという異方性がある可能性を示唆している。またこのような異方性を意識した常時微動観測・解析は今後の断層研究その他の発展につなげていけると期待できる。

キーワード：常時微動、H/Vスペクトル比、伏在断層、異方性
Keywords: Microtremor, H/V spectral ratio, Concealed fault, Anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度
Distribution, geometry and slip rates of branch faults around the Kita-Izu fault zone

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Ryuhei Oda[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

伊豆半島北東部には，ほぼ南北の一般走向を持つ北伊豆断層帯が存在し，その東側一帯には南東方向に派生する分岐断層群（地震調査研究推進本部，2005）が分布する．しかし，これら分岐断層群の変位速度はほとんど明らかにされていない．池田ほか（1996）は震源断層と地表の活断層群との一連のシステムについて述べ，近接して分布する活断層群の関連性を理解することが，震源断層の活動を推定する上で非常に重要であるとしている．地表で主断層とそれから枝分かれする分岐活断層の関連性を明らかにするために，分岐活断層の基礎的情報（分布・形状や変位速度）を明らかにする必要がある．加えて，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布・形態や形成年代についてもほとんど分かっていない．そこで，本研究では，北伊豆断層帯の中でも大きな変位が確認されている主断層（丹那断層・浮橋中央断層）に斜交・並行する分岐活断層を対象とし，これら分岐活断層の分布・形状や変位速度を明らかにする．さらに，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布や形態を明らかにし，それらの形成年代についても考察する．

本研究では，まず地形判読を行い，地形面区分図と活断層分布図を作成した．そして，国土地理院提供のDEMデータを用いて，分岐活断層の累積変位量の測量を行った．現地調査では，判読した活断層の踏査と断層周辺の地形面を構成する堆積物の観察を行った．

地形判読から，研究地域の地形面を丘腹緩斜面，台地状緩斜面（高位・低位），扇状地面，火山麓扇状地面，河成段丘面（一部については細分した）に区分した．また，活断層分布図では，活断層，推定活断層，活断層の可能性があるリニアメントに分けて図示した．その結果，北伊豆断層帯は主に雁行する左横ずれ断層によって構成され，北端部の芦ノ湖南周辺や南端部の早霧湖周辺では，東西走向の右横ずれ断層が分布することが分かった．丹那断層と浮橋中央断層に斜交・並行する分岐活断層は，丹那断層と浮橋中央断層の主に東側に分布し，ほぼ南北走向の左横ずれ断層や北西一南東走向，東西走向の右横ずれ断層が存在することが分かった．露頭調査では，地形面の形成年代を推定することが可能な堆積物を確認することができなかった．そのため，精度は低くなるが，本研究では，5万分の1地質図「熱海」（及川・石塚，2011）を用いて，地形の基盤を成す地質の年代を地形面の形成年代の下限とした．

断層変位地形から求めた上下・横ずれ累積変位量と，地形面の下限の形成年代を用いて，分岐活断層の変位速度の下限を算出した．その結果，研究地域の分岐活断層の横ずれ変位速度の下限は主に0.10～1.0 mm/yr，縦ずれ変位速度は主に0.01～0.10 mm/yrを示した．同様に，丹那断層と浮橋中央断層の変位速度を算出し，分岐活断層の変位速度と比較したところ，分岐活断層の横ずれ変位速度は丹那断層と浮橋中央断層より1桁小さいことが分かった．したがって，分岐活断層の活動性は，丹那断層と浮橋中央断層のそれよりも低いと考えられる．今後は，精度のよい変位速度を求めるために，堰き止め谷での掘削調査などを行う必要がある．

また，丹那断層の北部には，南北または北西一南東走向の左横ずれセンスを持つ活断層が分布する．これらの活断層は丹那断層とミの字型の雁行配列をなし，分岐活断層と比べて大きな変位速度の値を示す．さらに，北伊豆断層帯の最新の活動である1930年北伊豆地震時に丹那断層と共に活動した可能性がある（松田，1972）．これらのことから，丹那断層の北部に位置する一部の活断層は，丹那断層の北端部を構成する活断層であることが示唆される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：北伊豆断層帯、丹那断層、浮橋中央断層、分岐活断層、変位速度
Keywords: Kita-Izu fault zone, Tanna fault, Ukihashi central fault, branch faults, slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査
Paleoseismology of the southern part of Kamishiro fault, ISTL active fault zone, central Japan

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ
*Kotaro Mizutani[1], Daisuke Hirouchi[1], Nobuhisa Matsuta[2], Tatsuya Ishiyama[3], Nobuhiko Sugito[4], Ken-ichi Yasue[5], Yoshihiro Takeshita[1], Natsuko Fujita[6], Hiroshi Sawa[7], Ryosuke Doke[8], Haruo Maruyama[9], Kazutaka Ikeda[10], Kamishiro Fault

1. 信州大学、2. 岡山大学、3. 東大地震研、4. 法政大学、5. 富山大学、6. 日本原子力研究開発機構、7. 鶴岡工業高等専門学校、8. 神奈川県温泉地学研究所、9. 木曽青峰高校、10. 望月小学校
1. Shinshu University, 2. Okayama University, 3. ERI, University of Tokyo, 4. Hosei University, 5. Toyama University, 6. JAEA, 7. Tsuruoka Nat.Col.Tech., 8. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Pref., 9. Kisoseiho High school, 10. Mochiduki Elementary School

1. はじめに

2014年11月22日に発生した神城断層の一部を震源とする長野県神城断層地震（M6.7）は断層のおよそ北半分において最大変位量約1mに及ぶ地表地震断層を出現させた。地震後，変位量調査やトレンチ掘削調査などが行われ，一つ前の地震は1714年の小谷地震の可能性が高いことなど徐々に明らかになっている。一方で，断層南半部の活動履歴など断層の活動履歴などは断層北半部と比較してまだ十分ではない。

また青木湖以南では左横ずれ変位を示す断層トレースも指摘されており（柏木，1987；柏木ほか，1988），都市圏活断層図「大町 改訂版」（廣内ほか，2018）では左横ずれ断層が改めて記載され，北半部と比較した活動履歴や活動特性の解明が待たれている。

2. 変動地形から見積もられる横ずれ変位速度

本研究では，神城断層における空中写真判読を行い，変動地形の記載を行った。またトレンチ掘削調査を実施した。青木湖南岸では２条の断層（廣内ほか，2018）が指摘されるが最も東側の断層の北延長において，新たに左屈曲した尾根や河谷を新たに見出した。尾根の屈曲量は約43mである。尾根基部でのトレンチ調査より，尾根は湖成層によって構成されるバルジであり約2万年前(21330±90yrBP)の年代試料が得られたことから，左横ずれの変位速度約2.0m/ky(min)が算出される。この値は西側に分布する東側隆起の逆断層の上下変位速度約2m/ky（松多ほか，2006）と同等の値であり，従来の知見と合わせると大きな左横ずれ変位を持つ断層が少なくとも青木湖南岸まで連続することが明らかとなった。

3. トレンチ掘削調査

青木湖南岸の左屈曲した尾根の基部でトレンチ掘削調査を行った。掘削地点は東側の山地から西に広がる扇状地に，左屈曲し西側隆起の尾根（バルジ）が塞ぐ形で新しい堆積物をトラップしており，活動履歴の痕跡を得られる可能性が高い地点である。

トレンチ壁面には幅約15mにわたって地層が西上がりの変形を受け，西側ほど直立に近い変形を被っており，東に向かって新しくなるよう分布する。西側の地層は風化した大峰帯の一部であり，これを覆って暗色の湖成層と流入する周辺層の互層が認められる。湖成層上部の試料から約2万年前(21330±90yrBP)の年代値が得られた。湖成層の上位にはさらにほぼ直立した青灰色の砂層，砂礫層が堆積するが，大部分は淘汰が悪く，土石流とこれを覆う淘汰の良い砂が堆積する。この砂礫層上位には明灰色のシルト～粘土層が堆積するが，これらは西上がりの低角断層により引きずられるような変形を受け，大きく東へ撓み下がって低下側にトラップされた腐植層と接している。低下側の腐植層は数層に区分されるが。下位のものほど東へ傾きブルドージングによって一部厚くなるような変形を受け，上位の腐植層が傾斜不整合でこれを覆う。これらの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セットが少なくとも3層準認められた。腐植層最下部の試料からは4720±30yrBPの年代値が得られ，約4700年前以降少なくとも2-3回のイベントが認められる。現在イベントの年代に関わる試料の年代測定を進めている。

　また青木湖南方の木崎湖北東部の海ノ口地区でも左横ずれ断層のトレンチ掘削調査を行っており，壁面からは非常に高角な断層が観察されている。こちらもイベントが複数回認められているが，そのイベント時期などは現在調査中である。

キーワード：糸魚川-静岡構造線断層帯、古地震、神城断層、活断層
Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Paleoearthquake, Kamishiro fault, Active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史
Geotectonic history of the Inadani fault zone in southern part of Nagano prefecture, central Japan

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1]
*Shuuhei Tsukui[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

中部日本は数多の活断層が分布している，日本有数の活断層密集地域である(活断層研究，1991)．これらの活断層の多くはNE－SW走向とNW－SE走向を有する高角横ずれ断層群として特徴づけられる．このように横ずれが卓越する地域にありながら，長野県南部に分布する伊那谷断層帯は低角な逆断層として特徴付けられる特異な断層帯である．また，中部地方に分布する活断層の多くは，NE－SW走向とNW－SE走向のうち，どちらか一方のトレンドに分布するが，伊那谷断層帯は一つの断層帯の中でNE－SW走向とNW－SE走向両方の姿勢を持つという点においても特異である．

伊那谷断層帯は，従来NE走向の並列する逆断層群として考えられてきたが，地震調査研究推進本部(2007)によって断層帯南方の断層群に対する活動性の評価が改められ，起震セグメントとしては伊那谷断層帯主部と伊那谷断層帯南東部の2つに区分されることが認識された．伊那谷断層帯主部と南東部はNW走向の活断層である下条山麓断層によって接続されており，従来考えられてきたよりも複雑な断層幾何学を形成していることが分かった．このように推本(2007)によってその運動像に対する認識が改められた伊那谷断層帯が，どのようにして特異な形態を発達させてきたのかを解明することは中部地方のテクトニクスを理解するうえで重要な課題になると考えられる．

伊那谷断層帯の構造発達史を解明するために，より長期の変形を記録していることが期待される花崗岩分布域において調査を実施した．地表踏査では断層の形態や運動センス，断層岩の性状などに着目して調査を行った．調査にて得られたデータから室内作業にて，多重逆解法(山路，1999)を用いた応力解析を行った．また得られた断層岩試料はXRD分析を行い、含有する粘土鉱物の同定を行った。

断層同士の切断関係や，応力場の推定から，本地域の変形は3つの変形ステージに区分された．Stage:1~Stage:2は高角N－S走向のカタクレーサイトを伴う変形であり，Stage:3は低角～中角の断層ガウジを伴う変形であった．Stage:1では，E－W圧縮の横ずれ応力解が，Stage:2ではNW－SE圧縮の横ずれ応力解が，Stage:3ではENE－WSW圧縮の横ずれ～逆断層応力解が検出された．

XRD分析を行った結果、全ての断層ガウジにIlliteとSmectiteが含まれ、試料によってその量比を変化させていた。

本地域は西南日本東部に位置し，日本海拡大に伴う，地塊の時計回り回転と，伊豆弧衝突に伴う地塊の反時計回り回転を被っているため，応力方向について議論するためには，この影響を補正する必要がある．補正後の応力場は，Stage:1：東西圧縮応力場，Stage:2：南北圧縮応力場，Stage:3：東西～北東－南西圧縮応力場となり，香取(2016MS)で検出された屏風山断層に同様の補正を施した応力方向とよく一致する．したがって，今回検出された応力は，中部地方に広域的に作用する応力であるといえる．広域応力の原因をプレートの動きに求めるなら，本地域で最も古い断層岩であるカタクレーサイトは40Ma以降の太平洋プレートの西進を駆動力として形成された可能性がある．

キーワード：伊那谷断層帯、断層岩、活断層、粘土鉱物
Keywords: Inadani fault zone, Fault rock, Active fault, Clay mineral

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴
Characteristics of the fault zone with only the recent slips in the Atera Fault

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2]
Atsushi Nishida[1], *Tomoyuki Ohtani[1], Takuya Niimi[1], Jun'ichi Tsubaki[1], Keiichi Ueta[2]

1. 岐阜大学工学部社会基盤工学科、2. 電力中央研究所
1. Department of Civil Engineering, Gifu University, 2. CRIEPI

活断層の活動性評価には若い被覆層が必要であり，現状ではそれがなければ評価を行うことができない．そこで，基盤岩の断層破砕帯より活動性を評価する手法の開発が望まれる．その際、地表に露出する活断層破砕帯の最新すべり面では直近の過去にすべりを生じただけではなく、それ以前にもすべりを生じている可能性があり、複数回のすべりにより生じた変化の累積を現在観察していることに留意が必要である。よって、過去にすべりが生じた深度が現在と同じ地表付近であるとは限らず、より深部で同じすべり面で活動した可能性がある。そこで、断層破砕帯が直近の過去および最近数回のみの変位により生じる現象を理解するためには、最近数回のみ変位を生じた破砕帯を対象とする必要がある。そのような破砕帯として、岐阜県中津川市付知町田瀬の阿寺断層破砕帯がある。この露頭では阿寺断層は主として下盤側の第四紀砂礫層と上盤側の白亜紀花崗岩の境界として認識される．断層は露頭上部では二条に分岐しており，下側の断層面は砂礫層と花崗岩の境界，上側は花崗岩の内部に位置している．なお、上側の断層面は最上部の一部で砂礫層と接している。遠田ほか(1994)は本露頭で3回の地震イベントを認定しており，上側の断層面は最近数回のみ活動したことがすでに知られている．そこで、この上側の断層面を調査することにより、最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の有する特徴を明らかにすることが本研究の目的である。

この断層面において，詳細な露頭観察を行い、その上で主として断層ガウジ帯に沿って破砕帯試料を採取し，薄片観察、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った．露頭観察により、上側の断層面は上側と下側の断層面の分岐点からさらに二条に分岐していることが明らかとなった。ここでは両者をそれぞれA1, A2破砕帯と呼ぶ。両者の破砕帯では最新すべり面に沿って分岐点から4 mまでは茶褐色断層ガウジ、それより先では明灰色断層ガウジが分布している。遠田ほか(1994)の炭素14年代測定結果を踏まえると、最新すべり面はA1破砕帯であると考えられる。このA1破砕帯の累積変位量は花崗岩上面の分布より2.5 mであると求められる。岩石薄片観察より、A1, A2破砕帯では周囲の風化花崗岩起源の鉱物片を取り込んでいる。粉末X線回折分析より，A1破砕帯で分岐点から1 mまではスメクタイトが認められる。また、蛍光X線分析より，Mnの濃集部がA1, A2破砕帯でそれぞれ分岐点から4 mと3 mまで分布している。

上側破砕帯の活動開始以前には下側破砕帯が活動しており、これにはスメクタイトとMnが周囲の岩石より多く含まれるとともに最新すべり面は茶褐色断層ガウジからなる。よって、上側破砕帯に含まれるスメクタイトとMn濃集部、茶褐色断層ガウジの一部は下側破砕帯から断層変位に伴って引きずられたと考えられる。一方で、A1破砕帯の累積変位量 2.5 mに対してスメクタイトの分布は分岐点から1 m、Mn濃集部と茶褐色断層ガウジの分布は4 mと一致しない。これは、A1破砕帯では薄片観察により周囲の岩石由来のフラグメントが取り込まれていることから、スメクタイトの量比の減少により粉末X線回折分析の検出限界以下となったこと、またA1破砕帯の形成後に新規のMn濃集が生じたことが考えられる。なお、A1破砕帯にフラグメントが取り込まれる理由は、極浅層で低封圧条件下であるために最新すべり面における構成粒子の細粒化ではなく、すべり面周囲でのクラック形成が卓越するためであると考えられる。

キーワード：断層破砕帯、最近の変位、阿寺断層
Keywords: fault zone, recent slips, Atera Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例
Identification of active fault location using real-time ground measurements of atmospheric methane concentration by portable Cavity Ring-down Spectroscopy system: Case study at the Atera fault

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4]
*Michito Shimo[1], Masakazu Niwa[2], Kenji Amano[2], Tomochika Tokunaga[3], Kenichi Tonokura[3], Toshifumi Matsuoka[1], Sebastien Biraud[4]

1. 公益財団法人　深田地質研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4. ローレンスバークレー国立研究所
1. Fukada Geological Institute, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Department of Environment Systems, University of Tokyo, 4. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

１．はじめに

断層や破砕帯は，しばしば地下深部起源のガスが地表に達する移動経路となることから，地表における微量なガス徴をとらえることにより，断層の分布や活動性に関する有用な情報が得られる場合があると期待される．近年，ガス分析技術の革新的な進展は目覚ましく，キャビティーリングダウン分光法（以下，CRDS法）を用いたメタンガス分析装置は，数ppbの計測分解能で0～5000 ppmというダイナミックレンジと1秒以下の時間分解能を達成している．CRDS法は，キャビティ（測定容器）の中にレーザー光を注入し，一対の高反射率ミラー間を多数回反射させた時にミラーから漏れ出す光の強度を測定し，その減衰率からキャビティー内のガス濃度を求めるもので，O’keefe ら（1988, Review of Scientific Instruments, 59, 2544）により発明された技術である．現在では，原位置測定に用いるためのバックパック式の可搬型測定装置が開発されている．本研究では，CRDS法による活断層調査への適用性について検討するため，岐阜県東部の阿寺断層地域を対象とした極微量メタンガス濃度測定を実施した．

２．測定概要

阿寺断層において，2台の可搬型測定装置（G4301およびG4302：米国Picarro社製）を用いて地表でのガス濃度測定を行った．両装置ともメタンガス濃度を3 ppbの精度で測定可能で，応答時間は1秒以下である．測定データはWi-Fiで無線接続されたタブレット上でリアルタイムに確認できる．

メタンガス測定は，中津川市田瀬の断層露頭および，同市付知町倉屋の阿寺断層崖周辺の2か所において実施した．露頭での測定の際は，円筒状のガス採取容器を地表に設置し内部のガスを吸引することにより，断層から放出されるメタンガスの濃度を測定した．一方，断層崖周辺では，車中に設置した2台の装置の各々の吸気チューブの先端を車外に出し，大気を吸引しながら低速（数km/h～30 km/h）で走行し，道路沿いの微量メタンガス濃度を連続測定した．一台の装置（G4302）にはGPSアンテナを取り付け，位置データを併せて取得した．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３．測定結果

露頭での測定により，20～30 ppmのメタンガスの放出が確認された．メタンガスは断層面沿いの断層ガウジの直上でのみ確認され，断層面から1m程度以上離れた場所では確認されなかった．すなわち，地中からのガス放出経路が断層面の極近傍に限られていることが明らかになった．一方，断層崖周辺での測定では，道路と断層崖が交差する互いに約1 km離れた2つの地点のみにおいて，メタンガスの明瞭なアノマリ（1.95～2.05 ppm）が確認された．測定地域のメタンガス濃度のバックグラウンドは1.85～1.88 ppm程度であり，約0.1ppm（100ppb）の濃度差は，装置の測定精度3 ppbと比較して明らかに有意な応答である．このアノマリは，それぞれの地点で断層崖をまたいで車で複数回通過する度に確認され，再現性のある結果であることが分かった．また，2台の装置とも同じ時刻で同様な測定結果が得られたことから，装置に起因するノイズではないことが確認された．

４．まとめ

阿寺断層露頭での測定により，断層面の極近傍からメタンガスが放出されていることが確認された．なお，黒澤ほか（2010, JAEA-Data/Code 2010-036）によっても阿寺断層におけるメタンガスの原位置測定が実施されており，場所によっては100 ppmを超える濃度も確認されている．一方，断層崖付近では，バックグラウンドと比較して0.1 ppm程度の濃度上昇が確認されたことから，大気により約1/1000程度に希釈されていると考えられる．このようなごく微量のメタンガス濃度の変化は，従来技術で捉えることは困難であり，CRDS法を用いた測定技術により初めて可能となった．今回用いたCRDS技術は，可搬型でかつリアルタイムでの測定が可能であるため，地表におけるガス濃度分布やその時間変化を容易に把握できる．今後，他の断層でもデータを蓄積することにより，測定結果の信頼性などの検証が必要であるが，今回の測定によりCRDS方式による微量ガスの測定技術が，地下流体の移動経路となっている活断層の分布を知る有用なアプローチの一つとなる可能性が示された．

本報告は，公益財団法人深田地質研究所の研究事業の一環として活動している「高精度微量ガス測定技術を用いた各種探査に関する研究委員会，委員長：徳永朋祥東京大学教授」の平成30年度成果の一部であり，委員の方々に謝意を表する．

キーワード：メタン、活断層、ガス移動、キャビティリングダウン分光法、調査、濃度測定
Keywords: Methane, Active fault, Gas Migration, Cavity Ring-Down Spectroscopy, Exploration, Concentration Measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠
Geomorphological evudence of a newly found active fault along the Shirakawa fault in western part Gifu Prefecture

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1]
*Yorihide Kohriya[1], Masashi Omata[1], Hiroshi Yokota[1]

1. 株式会社パスコ
1. PASCO CORPORATION

1.はじめに

近年，航空機を用いたレーザ計測（LP）の進展により詳細な地形DEMが作成され，様々な微地形が表現できるようになった．2008年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層については0.5mメッシュDEMにより国見山南麓に出現した断層トレースを詳細に表現した（丸山ほか2011）．山間地における断層トレースは植生の影響から写真からでは検出が難しく，LPによるDEMが有用な手法となっている．

本報告では岐阜県庄川村の庄川沿いに取得したLPデータを基に1mDEMを作成したところ，庄川断層帯白川断層の副断層として活動した可能性がある断層変位地形を新たに確認した．

使用したLPデータは，北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所において2016年に取得したものである．なお，LP計測と同時に撮影した写真からでは植生の影響によりこれらの地形を認識することは困難である．

2.断層変位地形の性状

調査地域の西側に位置する庄川沿いの木谷地区では白川断層のトレンチ調査が実施されている（杉山ほか1993）．木谷地区におけるトレンチ調査からは2,500y.B.P.以降に少なくとも1回の古地震イベントが確認されている．しかしながら，最新活動時期や繰り返し間隔は不明確なところが多い．

新たに発見した断層地形は岐阜県庄川村木谷東方に位置する庄川支流の野々俣谷右岸斜面で，地形の連続は長さ約1.3kmに達する．断層変位地形は西傾斜の山腹斜面に緩傾斜～逆向き崖が線状に確認された．鉛直成分は白川断層と同様に西側隆起で，地形断面から10～20m程度の隆起量が確認できる．断層変位地形を挟んで尾根に不明瞭ながらも左横ずれを読み取れる．

さらに断層地形の北側延長において山腹斜面頂部となる尾根に200m程度の左横ずれが認められ，この断層は繰り返し活動があるものと推定される．

断層地形の南部にはトレンチ調査に適した明瞭な逆向き崖や比較的広い緩傾斜面が分布している．

この地点は白川断層の主断層トレースとは異なり，河川運搬による粗粒堆積物の堆積がなく，削剥による地層の欠損が少ないことが想定され，白川断層の最新時期を特定できることが期待される．

【参考文献】

丸山 正・遠田晋次・吉見雅行・安藤亮輔・高田陽一郎・斎藤英二・林 舟・小俣雅志（2011）2008年岩手・宮城内陸地震に伴い岩手県奥州市国見山南麓に出現した地震断層北端部の性状．活断層研究, 34, 1-12.

杉山雄一・粟田泰夫・佃 栄吉（1993）1990年御母衣断層系・白川断層（木谷地区）トレンチ調査．活断層研究, 11, 65-70.

キーワード：白川断層、断層地形、DEM
Keywords: Shirakawa Fault, fault topography, Digital elevation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福井県北部、丹生山地周辺の活断層
Active faults around the Niu Mountains, northern part of Fukui Prefecture, Japan

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2]
*Masayoshi Tajikara[1], Takashi Nakata[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Hideaki Goto[2]

1. 公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2. 広島大学、3. 同志社大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Hiroshima University, 3. Doshisha University

丹生山地は福井県北部に位置する標高600m程度以下の中～低山性の山地で、西は日本海に面し、東は福井平野に接する。丹生山地西方の日本海沿岸海底には、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯が分布する（地震調査研究推進本部，2004；杉山ほか，2013）。丹生山地西部の日本海沿岸には海成段丘が発達し、北部ではそれらの海成段丘面を変位させる鮎川断層群が発達する。丹生山地の東部には、更毛断層、朝日断層、蝉口断層、鯖江断層、小曽原断層などの活断層が認定されている（活断層研究会編，1991など）が、それらの断層変位地形についての詳細な記載はなされていない。今回、空中写真および国土地理院5-10mDEM立体視画像の詳細な判読を行った結果、既報の活断層とは一部異なる位置形状が得られたので、その分布と断層変位地形について報告する。また、これらの活断層のテクトニックな意義について若干の考察を行う。

・鮎川断層群

丹生山地北部西縁海岸沿いの段丘面上に分布し、その多くは段丘面を逆向きに変位させている。長さ1km程度の短い断層トレース群からなる（太田，1973など）。今回の調査の結果、既報のトレース以外に数条の断層トレースが新たに認定された。

・更毛断層

更毛断層は、福井市下市町付近から西別所町付近へ至る、全体で長さ11.5kmほどの東北東－西南西方向に延びる活断層である（今泉ほか編，2018）。今回の調査の結果、西部で雁行する数条の断層トレースが新たに認定された。更毛より西方では数条の雁行する長さ3km程度の短い断層群からなるが、東方では1条のトレースとなる。断層トレースを横切る多くの河谷が右屈曲しており、断層の右横ずれ変位が推定される。また、本断層は丹生山地と南東の低地・丘陵地の境界に位置し、その境界が南向きの急崖をなしていること、急崖の北側斜面は比較的緩勾配であり、分水界沿いに風隙地形が多数発達することから、大局的にみて北西上がりの変位を持つと推定される。ただし、西部の平尾付近の2条のトレースは、志津川沿いの中位段丘面を逆向き（南上がり）に変位させており、副次的な断層と考えられる。

・朝日・蝉口断層

朝日・蝉口断層は既報（活断層研究会編，1991）では朝日断層、蝉口断層と別々の断層として記載されていたものであるが、今回の調査の結果、一連のトレースからなると判断されたため、一括して朝日・蝉口断層とした。本断層はほぼ南北走向、福井市御油付近から越前市小野町付近へと至る、長さ16kmほどの活断層である。断層変位地形は断層中央付近の越前町朝日～蝉口間で明瞭で、閉塞凹地状の小盆地、風隙、段丘面の撓曲変形、丘陵高度の不連続が認められる。中でも佐々生・蝉口付近の小盆地内の低位段丘面の撓曲崖は明瞭で、段丘面を西上がりに変位させていることは確実である。また、明瞭さでは劣るが、朝日付近の中位段丘面の撓曲変形は低位段丘よりも大きく、変位の累積性が認められる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・鯖江断層

鯖江断層は、福井市浅水町から鯖江市船津町へと至る、長さ約9kmのほぼ南北走向の断層である（見野，1986など）。今回の調査の結果は概ね既報と一致しているが、北端部と南端部で丘陵地の西縁が直線的な形態を示す区間を1kmほど延長した。人工改変が激しくやや不明瞭ではあるが、段丘面の東縁沿いに東向きの撓曲崖が発達することから、断層の西上がり変位が推定される。

・小曽原断層

小曽原断層は、越前町小曽原付近に発達する、北東－南西走向、長さ3km弱の活断層である。今回の調査の結果は既報（今泉ほか編，2018）と概ね一致する。小曽原付近の小盆地内にその南東縁が非常に直線的な高まりが北西流する小河川を堰き止めるように発達することから、断層の北西上がり変位が推定される。

テクトニックな意義

鮎川断層群は、北西海岸沿いの海底活断層（柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部）に非常に近接し、長さ1km程度の短い断層群であることから、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の一部をなす副断層と考えられる。更毛断層、小曽原断層、朝日・蝉口断層はいずれも（北）西上がり変位を持つことから、（北）西傾斜を持つと考えられる。これらの断層と柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部との距離は6-16kmほどであり、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部が東傾斜とされている（地震調査研究推進本部，2004）ことから、両者は地下で収斂している可能性がある。断層深部の傾斜角が不明であるため明確ではないが、反射法探査などにより断層の傾斜角を明らかにし、これらの断層の関係を明らかにすることが望まれる。鯖江断層も西上がり変位を持つことから、西傾斜の断層と考えられるが、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯とは20km程度離れており、独立のものと考えられる。

本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：丹生山地、活断層、更毛断層、蝉口断層、朝日断層
Keywords: Niu Mountains, active fault, Sarage fault, Semiguchi fault, Asahi fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

濃尾地震の被害から検証する岐阜一一宮線
Gifu-Ichinomiya Fault shown from the characteristics of the damage of the Nobi earthquake

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2]
*Nobuhisa Matsuta[1,2], Fumiaki KIMATA[2]

1. 岡山大学大学院教育学研究科、2. 東濃地震科学研究所
1. Okayama University Graduate School of Education, 2. Tono Research Institute of Earthquake Science

地震時に出現する地表地震断層の断層運動が建物被害に与える影響は未だに十分に解明されたとは言えない．2016年熊本地震でにおいて周期3秒の大きな揺れ幅を持つパルス状の地震動が観測され、建物に被害が生じた。鈴木ほか（2018)は，益城町において地表地震断層から 120m 以内の範囲に 全壊家屋の 94%が集中し，その範囲内においても断層に近づくほど被害率が上昇しているとし，地表地震断層 に沿って極めて強い震動が発生し，局所的に激しい建物倒壊を招いたとしている．このような現象は地表地震断層全域でみられるわけではないことから，断層浅部での被害につながる地震動の原因を究明することは包括的な新たな強振動モデルを作るうえで重要だと思われる．

過去に発生した地震において地表地震断層が出現した地震で家屋に対して多くの犠牲者が出る。三河地震や北丹後地震などで犠牲者数と全壊家屋数の比をとると、地表地震断層のごく近傍では一軒当たり複数の犠牲者が出る家屋が集中するという特徴がある。その理由は不明であるが、地表地震断層極近傍において被害を拡大させる自然現象が存在することが示唆される。

このことは、観測記録のない歴史地震の被害の特徴を分析することで、自然現象としての地震を評価できる可能性を示しており、犠牲者数と全壊家屋数の比が地表地震断層の出現を判断する指標となると考えた。

濃尾地震は1891年10月28日6時38分に発生した地震で、震源は岐阜県本巣郡西根尾村（現在の本巣市）付近とされるマグニチュ ード8.0の地震である．この地震により北北西一南南東走向に約76kmにわたり，根尾谷断層，梅原断層，温水断層などで地表地震断層が出現した．この地震は被害の集中域は根尾谷断層から梅原断層にかけての断層沿いのほか、平野部に3列確認することができ、その中でも、地震前後の水準測量の改測結果から１ｍ余りの緩やかな地殻変動（東側0.7mの隆起、西側0.3mの沈降）が認められた岐阜一一宮線は地表地震断層が出現した可能性を指摘されている。しかし、その有無は多くの地下構造調査を経ても結論が出ていない。

そこで、岐阜県岐阜測候所（1892）および愛知県警察部（1892）のデータの市町村データをもとに全壊家屋数と全戸数の比および犠牲者数と全壊家屋数の比をもとに濃尾平野内の地表地震断層の有無について検討した。

その結果、全壊家屋数の全戸数の比である倒壊率は根尾谷断層沿いで大きな値を示すこと、本巣から安八の揖斐川・長良川に沿った地域、羽島市から笠松にかけての地域、木曽川左岸の岐南市付近などで100%の倒壊率を示す。推定される岐阜一一宮線付近では値は高いものの、それを境に倒壊率が下がる。また、梅原断層の出現した地域では周辺と比較して倒壊率が高いことが確認できる。それに対して、犬山市、江南市、小牧市などでは倒壊率は低く、東側に急激に被害が小さくなる。

全壊家屋数と犠牲者数の比では、その値が大きい地域は根尾谷断層周辺と、縁辺部である。また岐阜から一宮にかけての区間も比較的高い地域となり、全壊率で高い値だった西側の地域の値はそれほど高くはない。た

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

だし、被害地域の縁辺部ではその値が高い地域がみられる。これは全壊家屋数も犠牲者も少なく、たまたま1－2人が犠牲になったため高い値を示している。また、火災が発生した地域ではこの値は大きくなるが、岐阜一一宮線に沿った被害をすべて火災で説明することには無理がある。

これらの結果から、岐阜一一宮線に沿って地表地震断層を伴う地殻変動があった可能性が高いといえる。

キーワード：濃尾地震、岐阜一一宮線、地表地震断層、全壊家屋、犠牲者
Keywords: Nobi earthquake, Gifu-Ichinomiya line, surface rupture, completely destroyed house, victim

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明

Electrical resistivity structure from the surface to the seismogenic zone below the Gomura fault zone, Kyoto, Southwest Japan

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4]
*Satoru Yamaguchi[1], Akira Mimura[1], Kazuki Fukue[1], Shigehiro Katoh[2], Hideki Murakami[3], Makoto Uyeshima[4]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 兵庫県立人と自然の博物館、3. 高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4. 東京大学地震研究所
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, 3. Science and Technology Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

活断層の性状・活動性を明らかにするためには，これらの地表形状のみならず地下構造を明らかにすることも重要である．そのための地球物理学的手法の一つに地磁気地電流法（Magnetotelluric method；MT法）がある．これは，活断層直下および近傍で見いだされる特徴的な比抵抗構造に注目し，それらから断層の地下構造を求める手法であり，これまでにも，多くの断層系に対して広帯域MT法（Wideband MT method；WBMT法）を用いた調査が行われてきた（例えば，Yoshimura et al., 2009）．しかし，この手法では，信号として用いる電磁場変動の周波数帯は広いものの，比較的低い周波数帯域の信号を用いているので深部までの探査が可能であるものの，浅部の空間分解能が悪いとの弱点がある．

活断層を対象として，地形学・地質学的手法を用いた研究が精力的に行われてきており，数多くの成果が挙げられている．これらの成果と地下比抵抗構造の成果を有機的につなげるためには，地下浅部（地表～深さ数km程度）の構造が重要であり，このような深度に対して，地形学・地質学的手法による成果との対比可能な空間分解能を持つMT手法としてAudio-frequency MT法（AMT法）がある．

本研究では，活断層の地下浅部から深部までの連続的な構造（特に浅部では高解像度の構造）の解明を目的とし，京都府の丹後半島に位置する郷村断層帯においてAMT法調査とWBMT法調査の両方を同一測線上で行い，地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明を行った．

郷村断層帯は京都府の丹後半島に位置する活断層帯で，陸上部は郷西方断層，郷村断層，仲禅寺断層の3つの断層で構成される．郷西方断層は断層長が2.8kmと非常に短く，横ずれ変位を示す地形も不明瞭である．郷村断層では1927年の北丹後地震の際に左横ずれを主とする顕著な地表地震断層が生じた．一方，仲禅寺断層では明瞭な河谷の左横ずれ屈曲が認められるものの，北丹後地震の際には活動しなかった．このように郷村断層帯では断層長，平均変位速度，最新活動時期など断層運動の特性が異なる断層が数km以内に近接し，並行して存在している．さらに郷村断層帯周辺は，ほとんどが花崗岩の岩盤からなり地質構造は一様で単純であるため，断層の地下構造と断層の特性を比較するのに好適である．

観　測

郷村断層帯周辺では2013年，2016年にAMT法調査が行われている（山口ほか，2016；三村ほか，2017）．本研究ではこれら調査測線と同じ測線上において．WBMT法調査ではおよそ等間隔になるように7点の観測点を，AMT法調査では過去の観測点を補間するように2点の観測点を配置した．AMT法調査の観測点数は先行研究と合わせ合計27点である．

解　析

AMT法，WBMT法調査のデータ解析は，ともにRemote reference法（Gamble et al., 1978）に基づいてMT応答関数を算出した．両調査において周波数選択を行ったのち次元の判定を行い，AMT法調査では2次元の，WBMT法調査では3次元のモデル計算を行った．AMT法，WBMT法調査のモデル計算にはそれぞれOgawa and Uchida (1996)，WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005) のインバージョンコードを使用した．

AMT法，WBMT法調査の解析の結果得られたモデルをそれぞれ浅部モデル，深部モデルと呼ぶ．な

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

お，WBMT法調査の解析では3次元のモデル計算を行ったが，観測点は一本の直線上にしか配置していないため，測線に沿った鉛直断面についてのみ議論する．

結果と考察

郷村断層の直下には，浅部と深部の両方に低比抵抗領域が存在する．これらの領域は断層運動によって生じた空隙に流体が浸入したことによって生じた領域であると考えられる．それぞれの領域は中深度（深さ2～5km程度）では連続していないことから浅部の低比抵抗領域は地表付近の地下水が浸入したことによって，また，深部の低比抵抗領域は深部から流体が上昇してきたことによって生じたと解釈した．

郷村断層の断層面は郷村断層の地表位置，浅部の低比抵抗領域，深部の低比抵抗領域および1927年の北丹後地震の震源位置を通ると判断して断層面を推定した．この断層面は震源が集中している領域を通っており，震源分布とも整合的である．

キーワード：郷村断層、電気伝導度、活断層、地磁気地電流法
Keywords: Gomura fault, Electrical conductivity, active fault, Magnetotellurics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈
Re-analysis and re-interpretation of the very shallow land seismic reflection survey data across the Naruto-South fault, north side of Tokushima Plain.

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1]
*Kobayashi Takayuki[1], Dai Nobuoka[2], Tomio Inazaki[1]

1. 土木研究所、2. 応用地質株式会社
1. Public Works Research Institute Japan, 2. OYO Corporation

活断層評価を精度よく実施することは、地震災害の長期予測や被害予測を行う上で非常に重要である。活断層評価を精度よく実施するためには、活断層の位置や状態、活動歴をより正確に把握することは重要であり、様々な調査が複合的に行われる。一般的に活断層調査では、ボーリング調査やトレンチ調査等も行われるが、これらの調査結果は一次元的であったり、または調査範囲が極浅層部に限られたりと活断層評価を広く精度よく実施するには十分とは言い難い。一方、浅層反射法地震探査は、地下の状態を非破壊で連続的に捉えることができるため、有用な手法な一つとなっている。筆者らは、徳島県に分布する鳴門南断層を対象とし1998年に取得されたＳ波浅層反射法データについて再解析および再解釈を行った。なお、再解析に使用したデータは、測線長100ｍ、受振点間隔0.5m、起振点間隔1.0mであり、振動源にはＳ波ポータブルバイブレーターを用いた。本発表では、これらの再解析および再解釈によって得られた、鳴門南断層の活動歴を紹介する。再解析では、当時得られたデータを使用し、現在のコンピュータ技術を使うことにより、深度50ｍまでの従来に比べてより詳細な地下構造を得ることができた。また従来の解析結果に比べ断層位置をより鮮明に捉えることができ、断層位置を詳しく特定することができた。断層の上端はおよそ15ｍであり、測定深度下部までおよそ70度のみかけ傾斜で分布する構造が得られた。また、断層周辺の撓曲などといった地質構造なども捉えられ、より詳細な地質構造を得ることができた。その後に実施されたボーリング試料分析などの結果を用いて再解釈を行い、活断層の活動履歴を明らかにすることができた。再解釈結果より、鳴門南断層は、現在までに大きな変動を３回起こしていると推定できる。また、最大変位量は、およそ14.4ｍで、変位速度は年間当たり1.77mmと推定される。本研究は「平成9年度文部科学省研究費補助金（基盤研究（１）（Ａ））〔内陸活断層の地震危険度評価〕（課題番号：07308035）」の一部を使用した。

キーワード：活断層、反射法地震探査
Keywords: Active fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

Bathymetric mapping and seafloor imaging for finding historical records of Nankai earthquakes at Nomi bay in Susaki city, Kochi Prefecture, Japan

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5]
*Wataru Tanikawa[1], Masafumi MURAYAMA[2], Hidekazu Tokuyama[3], Kouki Tanaka[4], Akira Ijiri[1], Tatsuhiko Hoshino[1], Takehiro Hirose[1], Kazuya Kitada[5], Toshiya Fujiwara[5]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 高知大学　農林海洋科学部、3. 高知大学　海洋コア総合研究センター、4. 高知大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research, 2. Kochi Univerisity, Faculty of Agriculture and Marine Science, 3. Kochi Univerisity, Center for Advanced Marine Core Research , 4. Kochi Univerisity, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

高知県須崎市野見湾沿岸地域では、「黒田郡」もしくは「野見千軒」「大谷千軒」と呼ばれる白鳳地震（684年）によって沈んだ集落の伝承が残されている。また、野見湾海底において井戸の目撃情報が時々報告されている。しかし、井戸や沈んだ集落の痕跡となる正確な記録や科学的な調査がほとんど実施されていない。そこで本研究では、井戸の目撃情報がある須崎市戸島北東部と大谷地区南部の海底を対象に人工物の痕跡調査を実施した。

本調査は高知大学の実習調査船「ネプチューン」により、サイドスキャンソナーを用いた海底地形調査と海底表層イメージ調査、サブボトム・プロファイラを用いた海底下構造調査、および360°水中カメラを用いた海底観察を実施した。

海底地形調査の結果、戸島北東部に戸島の陸上地形を延長する形で200m×300mほどの平坦な台地地形が認められた。さらに海底台地は水深10m付近で広がっており、辺縁部から急激に水深が深くなることがわかった。重力式コアラーにより採取した海底表層試料と水中カメラ画像の観察結果から、台地は固い砂質堆積物と円礫が散在していた。一方、台地から外れた水深が深い地点では軟泥が厚く堆積していることがわかった。サブボトム・プロファイラ調査では海底下に埋没している人工物は認められなかった。サイドスキャンのモザイク図で認められた特異な画像パターンについて、潜水調査により海底表層環境を目視確認した。その結果、一部の特異な画像バターンは人工物（たこつぼ・ビニルシート）であることが確認できた。しかし、モザイク図、水中カメラ映像、サブボトム画像のいずれのデータにおいても井戸は確認できなかった。
海底の台地地形は旧海食台の可能性を示唆しており、下村（1980）は白鳳地震時の沈降によるものだと結論づけている。一方、井戸の目撃情報がある地点付近では、円礫が円環状に並べられた構造が確認できた。そのため、井戸と伝えられていたものはこの円礫群であった可能性がある。今後、海底台地表層の堆積物の年代分析などから、地震性沈降履歴を明らかにしていきたい。また、本発表では2019年3月に実施する浦ノ内湾の調査結果の速報も報告する。

キーワード：地震性沈降、黒田郡、海食台、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラー
Keywords: coseismic subsidence, Kuroda-gori, submarine plateaus, side scan sonnar , sub-bottom profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－
Tectonic geomorphological and paleoseismological study in the Anoriguchi Canyon: Foraminiferal analysis and ^{14}C dating

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3]
*Nobuhiko Sugito[1], Masao Iwai[2], Hitomi Wakaki-Uchimura[2], Hiroki Matsui[2], Yasuhiro Suzuki[3]

1. 法政大学人間環境学部、2. 高知大学海洋コア総合研究センター、3. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Faculty of Sustainability Studies, Hosei University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

南海トラフの海溝軸～陸棚斜面付近には海底活断層が多数分布している．これらの海底活断層の位置形状や活動履歴は，南海トラフにおける歴史地震の発生源の解明や地震発生予測において重要な意義を有すると考えられる．発表者らはこうした観点から，変動地形学的・古地震学的手法を用いて海底活断層の位置形状や活動履歴を解明するフィージビリティ調査を，2016年度より安乗口海底谷を対象として実施してきた（杉戸ほか，2018）．

今回，安乗口海底谷にて採取されたCORE 03（コア長1.2 m）から1 cm単位で採取した31試料（泥層）について，堆積物の移動評価のための底生有孔虫群集概査分析，放射性炭素年代測定に向けた浮遊性有孔虫分析を実施した．有孔虫は0.18–0.25 mm径の個体と0.25 mm径以上の個体に分けて抽出した．年代測定では浮遊性有孔虫を必要重量確保するため，0.18 mm径以上の個体，および近隣層準をまとめ，7点の試料を得た．なお，浮遊性有孔虫の主要種は，*Neogloboquadrina dutertrei*，*Globigerina bulloides*，*Globigerinoides ruber*（表層：水深0–100 m），*Globorotalia inflata*（亜表層：100–200 m）であり（不整合面より下位においては*G. bulloides*の割合が減少し*Neogloboquadrina incompta*（表層）が増加する傾向），海洋表層環境を示唆している．

年代測定の結果，CORE 03の深度0.81 mに認められる不整合面について，その形成時期が，不整合面より上位の地層の堆積速度（6点の年代値に基づく）との関係から，約10,030 cal BPと推定された．不整合面の下位からは32,140 ±140 yr BPの年代値が得られた．

不整合面より下位の層準に含まれる有孔虫は着色個体が多く，再堆積の可能性が考えられる．底生有孔虫群集概査分析では，不整合面の下位において浅海性の底生有孔虫（*Ammonia* sp.など）が少量ながら見出され，浅海性堆積物が移動して来やすい環境にあったと推定される．これらの観察事実および解釈は，上記の年代値から推定される海水準および堆積環境と調和的である．

海底谷中には，北側隆起・比高約10 mの断層変位地形が認められ，この不整合面の形成後に発達した可能性が指摘されている（杉戸ほか，2018）．その場合，この海底活断層は約1万年前以降，1回あるいは複数回の活動によって上下方向に約10 m変位したと見積もられる．海溝軸と比べて陸域に近く，発生した津波はわずかな時間で沿岸に到達したと推定される．なお，この海底活断層は地形学的にみて上下変位のみではなく右横ずれ変位を起こしており，実変位量の推定には，横ずれ量，また断層面の傾斜を解明する必要がある．

このように，詳細な海底地形データによって海底活断層の位置形状が詳しく把握され，かつ試料の取得・分析によって活動履歴が具体的に推定される．歴史地震の発生源の解明や地震発生予測に関し，変動地形学的・古地震学的手法を用いた調査の有効性が例証された．

＜謝辞＞
コア分析・保管は高知大学海洋コア総合研究センターにて行い（共同利用・共同研究採択課題16B070・17A030・17B030・18A027・18B025），松崎琢也氏をはじめスタッフ一同にお世話になった．放射性炭素年代測定は株式会社加速器分析研究所にご実施いただいた．後藤秀昭氏（広島大学）からは本予稿に関し有益なコメントを頂戴した．本研究はMEXT「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」およびJSPS科研費（15H02959）の支援を受けた．以上，記して感謝申し上げます．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＜文献＞
杉戸ほか，2018，日本地質学会第125年学術大会（つくば特別大会），R8-P-7.

キーワード：海底活断層、マルチビーム音響測深、ピストンコアリング、有孔虫群集、断層変位地形、南海トラフ
Keywords: Submarine active fault, Multi-beam echo sounding, Piston coring, Foraminiferal assemblage, Fault-related landform, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査
Subsurface survey around the Matoishi-bokujo 1 Fault in the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3]
*Takayuki Nakano[1], Hiroshi Une[1], Hiroshi, P. Sato[2], Keitaro Komura[3]

1. 国土交通省国土地理院、2. 日本大学、3. 電力中央研究所
1. GSI of Japan, 2. Nihon Univ., 3. CRIEPI

１．はじめに

平成28年（2016年）熊本地震（Mj 7.3）では，阿蘇外輪山北西部において多数の線状の地表変位が干渉SARにより検出され（Fujiwara et al., 2016），本震に伴って副次的に変位したと考えられる．その多くは既知の活断層に沿って現れ，そのうちの的石牧場Ｉ断層においてそのメカニズム解明に向けた詳細な地形・地質調査を実施している（宇根ほか，2018；Nakano et al., 2018など）．本発表では，的石牧場Ｉ断層周辺の地形発達史を明らかにするために実施した地形・地質調査及びGPR（Ground Penetrating Radar）による浅部地下構造探査結果を報告する．

２．結果と考察

的石牧場Ｉ断層の断層崖脚部で実施したトレンチ調査により，深いところではGL-3.5m（標高約917.4m），浅いところではGL-0.3m（標高約921.6m）付近でAso-4火砕流堆積物（89ka）とみられる白色の火山砕屑物が確認されている（宇根ほか，2018）．また，周辺の地形・地質調査により，断層北側の渓床（標高約917.8m）や断層南側の丘陵地内のガリ床（標高約935.0m）でもAso-4火砕流堆積物とみられる白色火山砕屑物が確認できた．さらにサイト東方においては，この地域の代表的な堆積構造を示すと考えられる露頭を確認し，Aso-4火砕流堆積物の上位には複数枚のテフラ層を挟む黒ボク及びローム層が厚さ5m程度堆積していた．的石牧場Ｉ断層を横断する測線で実施したGPR探査（Sensors & Software社製Noggin Plus，アンテナ中心周波数250MHz）では，断層の南側（正断層の上盤側）のGL-2～-4m（標高約915～917m）付近に明瞭なエコーがみられたが，これはこれまでのトレンチ調査や断層南側の水路での地質調査から，地表下の黒ボク層の下位に存在するローム層の上面またはそれを覆う河床礫層を捉えたものと考えられる．断層の北側（正断層の下盤側）ではGL-1～-1.5m（標高約930.5～931m）以深でレーダ波のエコーが急激に減衰しており，上位層よりも比誘電率が大きい地層の存在が示唆されるとともに，GL-4～-5m（標高約927～928m）付近に弱いエコーがみられ，その連続性からAso-4火砕流堆積物の上面を捉えた可能性がある．これらの結果を考慮すると，Aso-4火砕流堆積物上面の形状は概ね現地形に類似しているが，断層南側ではGL-5m以深に，断層北側ではGL-4～-5m付近に存在し，断層を挟むその比高差は約13m以上と推定され，これが約9万年間の的石牧場Ｉ断層の見かけ鉛直変位量と考えられる．

３．まとめと課題

熊本地震に伴い副次的に変位した的石牧場Ｉ断層周辺において，地形・地質調査及び浅部地下構造調査を実施した結果，地下浅部構造の推定とAso-4火砕流堆積面の見かけ変位量を推定できた．今後はパーカッションボーリングの結果も参照し，GPR探査結果をより詳細に分析・解釈する予定である．

謝辞：本研究で使用したGPR探査装置は，名古屋大学の鈴木康弘教授よりお借りしました．本研究の一部は，JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の助成を受けたものです．ここに記して感謝申し上げます．

引用文献：

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fujiwara et al. (2016): Small displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry. Earth, Planets and Space, 68:160.

Nakano et al. (2018): Geomorphological and geological characteristics of triggered surface faults associated with 2016 Kumamoto Earthquake sequence around the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan, AGU Fall Meeting 2018.

宇根ほか（2018）：阿蘇外輪山北西部・的石牧場Ｉ断層の活動履歴．日本活断層学会2018年度秋季学術大会．

キーワード：的石牧場Ｉ断層、GPR探査、地形・地質調査、トレンチ調査、2016年熊本地震
Keywords: Matoishi-bokujo 1 Fault, GPR survey, topographical and geological investigation, trenching survey, the 2016 Kumamoto Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

Past activity of 'triggered fault' in the northwest of outer rim of Aso caldera estimated from the results of excurvation survey and displacement topography

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4]
*Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi, P. Sato[2], Hiroshi YAGI[3], Keitaro Komura[4]

1. 国土地理院、2. 日本大学、3. 山形大学、4. 電力中央研究所
1. Geospatial Information Authority of Japan, 2. Nihon University, 3. Yamagata University, 4. Central Research Institute of Electric Power Industry

阿蘇外輪山北西部の平成28年熊本地震に伴う「お付き合い断層」のうち，既存の変位地形が明瞭で，SARで明瞭な位相不連続が現れ，現地でも地表変位が確認された的石牧場Ｉ断層（鈴木ほか2017）について，ピット調査，地中レーダ(GPR)探査，簡易ボーリング調査などの地形地質的調査を実施し，活動履歴について考察した。ピット調査では，断層崖基部を最大深さ4m程度掘削し，壁面の観察を行った。壁面基部には白色のAso-4火砕流堆積物が現れ，その直上をピット谷側においては中砂や円礫の小礫からなる河成堆積物や亜角礫からなる土石流性の堆積物が覆い、ピット山側においては角礫を伴う茶褐色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。それらの上位を角礫を伴い，あるいは角礫に乏しい黒色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。これらの地層の変位や礫の回転などを伴う少なくとも２条の断層が現れた。この周辺にはAso-4火砕流の堆積面とされる小起伏の地形が拡がっており，地表下数mの比較的浅い位置にAso-4火砕流堆積物が観察されることから，壁面基部のAso-4上面は火砕流到来時（約9万年前）の堆積面の不整合面を示していると考えられる。ピット調査や簡易ボーリング調査から，白色層上面は南から北に断層崖に向かって緩やかに高度を下げ，断層崖で約10m高度を上げていると推定され，地形及びSARによる上下変位パターンと整合的である。壁面から採取された土壌（黒ボク）の^{14}C年代測定結果をもとにイベントを考えると，約3,500～約3,400年前に山側からの斜面性堆積物が谷側の河成堆積物を被覆するような断層運動が１回あり，次に，約3,500～約2,000年前あるいはこれよりも新しい時代に２条の断層を生じさせるような断層運動がもう１回あって，上位の斜面性堆積物よりも下位の斜面性堆積物のほうが経験したイベントの数が多い（変位量が２倍程度多い）ことを示唆している。このことは，今回のような変位の累積が的石牧場Ｉ断層の断層崖を形成したことを示唆している。

謝辞：本研究は JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の一部を使用しました。だいち2号（ALOS-2）データの所有権は宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。現地調査及び資料の解析に当たって，千葉大学大学院理学研究科金田研究室及び日本大学理工学研究科地理学専攻の学生諸氏に多大なる協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：熊本地震、干渉SAR、地震断層、お付き合い断層、累積性
Keywords: Kumamoto Earthquake, SAR Interferometry, surface rupture, triggered fault, cumulativeness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

Visualization of three-dimensional SAR analysis data by stereo isogram map: Precise detection of surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*粟田 泰夫[1]
*Yasuo Awata[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

測地技術の進歩は，地殻変動を数cmから数mまでの広いダイナミックレンジで面的に捉えることを可能にしている．とりわけ，衛星搭載の合成開口レーダ（SAR）による観測は，干渉解析（InSAR）および3次元解析による地震断層の高精細な検出を可能にし，従来の地表踏査による地震断層等の調査手法に大きな変革をもたらしつつある．ここでは，小林（2017）による2016年熊本地震に伴う地殻変動の3次元SAR解析データを用いて，広域の変動を精細かつ効率的に目視抽出するための可視化を試みた．

3次元SARデータの高解像度・高ダイナミックレンジ画像への可視化には，粟田（2017）によるステレオ等高線地形解析図による高解像度DEMの可視化手法を適用した．使用したデータは，東西・南北の水平2成分と上下成分の合計３成分に分割されたものであり、各成分のデータは位置情報と一つの変動値のみから構成される．それらの変動値をDEMの可視化における標高値と置き換えて，解析精度の限界まで表現する稠密な等値線図を作成した．精度が高い東西および上下成分の画像においては，データがもつ変動の解像度と同じ1cmまでの精細な間隔の等値線を実用的に描くことができた．また，複雑でダイナミックレンジの大きな地表変動の判読を容易にするために，微細なレンジを強調した段彩を施すとともに，画像を立体視が可能なアナグリフに加工した．なお，解像度が低い南北成分については，等高線間隔10-20cmの画像が実用限界であった．

等値線間隔1cmの画像による判読では，変位量が大きな主断層帯（布田川・出ノ口および高木地震断層）およびそれらに伴う広域変動とともに，その周辺の約50km四方に分布する多くの小規模な地震断層を検出することができた．このうち，小規模な地震断層の検出結果は，空間解像度が1桁高いとされるInSAR画像に基づいたFijiwara et al.（2016）の判読結果と概ね整合的であった．また，等値線図の判読および断面図での計測によれば，東西および南北成分の変位量が5cm程度までの断層については容易に抽出が可能であった．さらに，広域変動が小さかった熊本市街地においては変位量2cmまでのごく小規模な断層を目視判読することもできた．判読結果に基づいて実施した現地調査では，変位量5cm程度の断層については，ガードレールや縁石などの道路構造物や，家屋の基礎，コンクリート構造物などの変形や破断として断層の確認と変位量の計測が可能であった．

文献：
粟田泰夫（2017）活断層・古地震研究報告, 17, 117-136.
小林知勝（2017）2016年熊本地震被害調査報告書，地震被害調査シリーズ, 1, 28-34.
Fujiwara, S. et al.（2016）Earth, Planets and Space, 68:160.

キーワード：三次元SAR、ステレオ等値線図、2016年熊本地震、地震断層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 3D-SAR, stereo isogram map, 2016 Kumamoto earthquake sequence, surface rupture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作
Preliminary active fault mapping of Mongolia by interpretation of ALOS 30 DEM image

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3]
*Takashi Nakata[1], Yasuhiro Suzuki[2], Mitsuhisa Watanabe[3]

1. 広島大学、2. 名古屋大学、3. 東洋大学
1. Hiroshima University, 2. Nagoya University, 3. Toyo University

発表者らは，「アジアのデジタル活断層マップ」作成のための調査・研究プロジェクトを立ち上げた．アジア全域の広範な地域の活断層を５年間で効率的に判読するために，ALOS 30 DSMから作成したアナグリフ画像をGoogle Earthに取り込んで判読した．さらに，判読した活断層線や関連情報をGoogle Earthの描画機能（線（パス）やポイント（目印））活用して直接マッピングを行った．また，アナグリフ画像の透過度を変えてGoogle Earthの画像をもとに修正作業を行い，活断層のより詳細な位置・形状情報を整備する手法を採用した（中田他,2019）．まず，このマッピング手法の有効性や問題点を検討する草地や乾燥した無植生地域が広いモンゴルを事例に広域活断層図を試作している．

ALOS 30 DSMは，JAXAが2006-2011年にかけて「だいち」で取得したデータをもとに作成された水平解像度30m相当のDEMデータセットで，１度×1度単位を１タイルとして提供されている．本研究では地形表現に適した中央値データを，Mac用のフリーソフト(Simple DEM Viewer)を用いて５度×５度の範囲のアナグリフ画像を作成した．その際，低断層崖などの細かな変位地形を認識しやすくするために地形をグレイスケールの傾斜角で表現した．また，メッシュ解像度以上に拡大して観察するために，画像サイズは200%のサイズの画像を作成した．画像はワールドファイルとともに保存し，GIS等でも閲覧できるようにした．

ALOS 30 DEM画像を用いて詳細かつ効率的に広域の活断層判読を行うために，Map Tiler Pro (Klokan Technologies)を使ってアナグリフ画像をkmlファイルに変換してGoogle Earthに重ねて地形を観察する手法（後藤，2015）によって活断層判読を行うことにした．この手法では，ALOS 30アナグリフ画像で判読した活断層を，透過度調整機能を使ってGoogle Earthの拡大した画像上で参照し，それらの位置や形状を詳細に把握することが可能となる．さらに，Google Earthの描画機能を用いて活断層線を詳細な画像に直接記入し，それらの属性情報を「説明」として記録した（中田ほか，2019).

モンゴルは西部を中心に長大な活断層が数多く存在し，20世紀に入っても巨大地震の発生している Baljinnyam et al (1993)．1905年のTsetserleg地震（Ms 8.2) では，左横ずれ2.5m 上下変位2mに達する長さ130kmの地震断層が出現した． また1905年のBulnay地震(Ms 8.3) では，内陸地震としては最大とされる長さ375kmの地震断層が出現し，左横ずれ5-10mの大きな断層変位が詳しく調査・記録された(Rizza et al., 2015など）．1957年Gobi-Altai地震(Ms 8.3)ではGurvan Bogd断層系の一部が活動し，左横ずれ7mを伴う長さ250kmの地震断層が現れた．さらに，1967年には中部においてMogod地震（Mw 7.0) が発生し，南北性の長さ45kmの右横ずれ断層が出現した．これらの地震断層については現地調査が行われており，これに関連する活断層の詳細な分布が明らかにされている．これら以外の西部のごく一部の活断層については，SPOT 5画像を用いたNissen(2008)などの詳しい報告がある．また，首都のウランバートル周辺の活断層についてSchlupp et al. (2010)などの一連の報告がある．しかしながら，長大な活断層の存在が推定されているGobi-Altai 山脈やHangay山地周辺の活断層をはじめモンゴル全域の活断層分布の詳細は十分に解明されているとは言えない．

上述の報告者らの手法は，Bulnay断層などの顕著な地震断層において断層変位地形を詳細に認定することができることを確認した．また，これまで西部においてSRTMやGoogle Earthなどの2D画像を用いて明瞭な地形境界や地質断層に沿って認定されていた長大な活断層の存否を再確認するとともに，扇状地などを変位させた断層変位地形をもとに新たに活断層を認定した．また，それ以外の中部や東部においても新たに活断層を認定し，その詳細な位置・形状をもとに活断層図を試作した．今後，これらの活断層については，空中写真やCORONA衛星画像の判読や現地調査を行い，モンゴル全域の活断層図の完成を目指したい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：モンゴル、活断層、ALOS 30
Keywords: Mongolia, active fault, ALOS 30

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出
Ground penetrating radar profiling across the Sanchiao fault in northeast Taiwan

*中村 衛[1]、陳 浩維[2]
*Mamoru Nakamura[1], How-wei Chen[2]

1. 琉球大学理学部、2. 国立中央大学
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. National Central University, Taiwan

1867年12月18日、台湾北東部で基隆地震が発生した。台湾北東部の金山市街地近傍では震度7相当（台湾中央気象局の震度階級）の揺れに見舞われた。また台湾北東海岸には遡上高6mの津波が襲来した。文献記録に残された当時の被害状況から震度分布および津波遡上高分布が推定されている。それらによると、この地震津波は台湾北東部から海域に北東方向に伸びる山脚断層の海域延長部で発生した可能性が指摘されている（Cheng et al., 2016 TAO）。山脚断層は台北市南部から金山を通る長さ約53kmの正断層である（Shyu et al., 2015 TAO）。地形調査、ボーリング探査および反射法探査の結果から、山脚断層は金山市街地の北側を山麓に沿って通っていると推定されている。しかし、山脚断層の陸域部分が1867年のときに活動したかどうかはわかっていない。そこで地中レーダ（Ground Penetrating Radar: GPR）を用いた地下構造探査を実施し、断層位置の検出を試みた。

調査は金山市街地の北側に位置する海岸砂丘で実施した。砂丘は海岸に沿って北西ー南東方向に伸びている。山脚断層はこの砂丘を直交するように切って通っている。GPR測線は、砂丘の走向と平行方向に、かつ断層の推定位置を通る長い測線と、それと直交方向の砂丘を切る短い測線の２種類を配置した。調査は2017年8月15日から17日および2018年8月16日から20日に実施した。測線は砂丘に平行な方向に3測線、および砂丘に直交する方向に２測線設定した。使用した機器はSensors & Software Inc.のpulseEKKOである。探査に使用した電磁波の周波数は50 MHZ, 100MHzおよび250MHzの３種類である。周波数50MHzと100MHzのとき、砂丘に平行な測線では深さ約6mまでイメージングされている。

金山北部の海岸に平行な測線の深さ約1mで、顕著な反射層が見られた。この反射層は、ボーリング調査で推定された山脚断層の位置に近いところで北西側が1～3m低くなっていた。しかしこの変位は山脚断層の変位（南東側に傾斜した正断層）とは逆である。このことから、山脚断層から分岐した断層（反射法探査に現れている）による変形を捉えた可能性があると考えた。

キーワード：活断層、1867年基隆地震、地中レーダ
Keywords: active fault, 1867 Keelung earthquake, Ground Penetrating Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1], J Bruce H Shyu[1], Yuan-Lu Tsai[1], Chuan-Chou Shen[1]

1. National Taiwan University

In the southernmost part of Taiwan, the Western Hengchun Tableland is a prominent topographic feature, with several steps of late Pleistocene uplifted marine terraces forming the top of the tableland, and uplifted Holocene coral reefs along the coast. To interpret the formation of this tableland, an inferred Hengchun offshore structure has been proposed as an active structure located offshore to the tableland’ s west. The uplift and the eastward tilting of the tableland are therefore produced by neotectonic activities of this structure. However, the presence of this structure is still debated, and no record of paleo-earthquakes related to this structure has been identified. To solve this, we utilized fossil coral microatolls as paleo-sea-level indicators to identify possible paleo-earthquake records produced by this structure. The highest level of survival (HLS) of corals is limited by the low tide level. Once living corals grow to this level, the upward growth will stop and they will grow outward instead, forming microatoll morphology with a flat top surface. This makes microatolls great tools to record local sea level history. If microatolls were uplifted and killed by co-seismic uplift, the elevation difference between microatolls and the HLS would represent the amount of uplift, and the age of the coral would constrain the age of the earthquake event. In this study, we surveyed six sites along the coast surrounding the Western Hengchun Tableland. Based on our field survey data and U-Th dating results of uplifted corals, we reconstructed a coastal uplift history of the area, and proposed several paleo-earthquake events in the past 2,500 years. These results enabled us to further understand the seismogenic properties and the possible earthquake recurrence intervals of the Hengchun offshore structure.

Keywords: coral microatolls, Hengchun offshore structure, Paleo-earthquake event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析
LC-InSAR analysis of the Sulawesi earthquake in Indonesia

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1]
*Jun Sugimoto[1], Masashi Omata[1], Yoshiteru Akiyama[1], Yutaka Horaku[1]

1. 株式会社 パスコ
1. PASCO CORPORATION

ALOS-2を用いた干渉解析によって、広域の地殻変動を捉えるのみならず、局所的な地表変状を捉えられることが明らかとなってきた（Fujiwara,2016、小俣ほか，2017）。本発表では、LC-InSARによる解析（三五ほか，2016、小俣ほか，2016）を用いて、2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震による地殻変動を検討した。地震の規模はMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）である。Sulawesi島のPalu市街地の西側、山地と低地の境界にはPalu-Koro断層が分布することが知られていた。Palu-Koro断層はGPSによる5年間の観測で3.4cm/yrの左横ずれを示す（Walpersdorf and Vigny, 1998）ほど活発な活断層であり、今回の地震はこのPalu-Koro断層に沿って発生した。この地震による地殻変動は、地震直後に国土地理院（2018）によって広域観測モード（分解能60m）による干渉SAR解析が実施され、Palu-Koro断層と一致するように南北に走行を持つ断層が確認された。Paluより南側で5m程度の変位が生じていること、左横ずれしているのと調和的な変動がみられることが報告されている。

本発表で行った干渉SAR解析では、高分解能モード（分解能10m）で観測された2018年3月1日と、2018年10月25日の南行軌道のデータを使用し、Palu周辺のより詳細な変動の抽出を試みた。

LC-InSAR図によれば、Palu-Koro断層に沿って、低コヒーレンスが連続するとともに位相の不連続が生じている‘位相不連続ライン’が確認できる。このような‘位相不連続ライン’は地表変状が生じている箇所であることがこれまでのLC-InSAR解析で示されている（小俣ほか,2017）ことから、Palu-Koro断層沿いの‘位相不連続ライン’も地表地震断層を含む地表変状が生じていると推定される。‘位相不連続ライン’はPalu-Koro断層沿いで大きな位相差を生じている箇所のほかに、平行する南北方向の微小な位相の不連続も確認できる。また、主断層から離れた東側の平野部には北西－南東方向の‘位相不連続ライン’が確認される。これらは派生断層もしくは副断層による地表変状を生じていることを示している可能性がある。

今回の地震では、平野部で液状化から大規模な側方流動が生じたとされている（森,2018）。このような側方流動が生じた地域はコヒーレンス値が低くなることから、LC-InSAR図では赤色で表現される。LC-InSAR図と光学衛星写真とを比較してみると、光学衛星で認められる側方流動を生じた範囲より広い範囲においてコヒーレンス値が低く、赤色で表現されていることが判る。コヒーレンス値が低くなるのは地表面の変動だけではないため注意が必要であるが、明らかな側方流動を生じている範囲よりも広い範囲で地表面に何らかの変化を生じていることを示唆している可能性がある。これは、液状化が発生している範囲は、側方流動を生じている範囲よりも広範囲に及ぶ可能性を示唆するものである。

以上、インドネシアのSulawesi島で発生した地震による変動をALOS-2によるLC-I n SAR図で検討してみたところ、地表地震断層を含む地表変状、および液状化が生じている可能性がある範囲を抽出することが出来た。ALOS-2のデータを利用することで、国内の災害と同様に海外の災害でも広域に被害が発生した災害の発生箇所およびその範囲を特定できることが再確認された。

国土地理院（2018）2018年インドネシア・スラウェシ島の地震に伴う地殻変動，http://www.gsi.go.jp/cais/topic181005-index.html

小俣 雅志・郡谷 順英・三五 大輔（2016）干渉ＳＡＲを使用した新たな地表地震断層検出方法，日本活断層学会2016年秋季学術大会講演予稿集

小俣 雅志・三五 大輔・郡谷 順英・谷口 薫（2107）平成28年（2016年）熊本地震において新たな干渉SAR解析によって見出された地表変状，JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-11

三五大輔 ・小俣雅志・郡谷順英（2016）干渉SAR解析と地形表現図とを組み合わせた新たな地表断層抽出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

手法の研究，日本リモートセンシング学会（平成26年度秋季）学術講演論文集
森 伸一郎（2018）Googleクライシスマップによって提供された衛星画像の解析に基づいた2018年9月28日のスラウェシ地震におけるPalu（パル）市内外の地すべり領域と領域内の被災建物・住家の特定,http://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Landslides%20Palu%20City-mori.pdf
USGS(2018) Earthquake Hazards Program M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive#executive
A. Walpersdorf and C . Vigny(1998)Monitoring of the Palu-Koro Fault (Sulawesi) by GPS, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 25, NO.13, 2313-2316

キーワード：干渉SAR解析、LC-InSAR図、2018年スラウェシ島地震、Palu-Koro断層
Keywords: InSAR, LC-InSAR diagram, 2018 Sulawesi earthquake, Palu-Koro fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9]
*Yoshiyuki Kaneda[1,2,3], Haluk Ozener[4], Nurcan Meral Ozel[4,5], Dogan Kalafat[4], Seckin Ozgur Citak, Narumi Takashi[2,3], Takane Hori[2], Muneo Hori[2,6], Mayumi Sakamoto[10,7], Ali Pinar[4], Asim Oguz Ozel[11], Ahmet Cevdet Yalciner[8], Gulum Tanircan[4], Ahmet Demirtas[9]

1. 香川大学　地域強靱化研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. 防災科学技術研究所、4. トルコ　ボアジチ大学　、5. 包括的核実験禁止条約機構、6. 東京大学地震研究所、7. 名古屋大学、8. トルコ　中東工科大学、9. 首相府災害緊急事態管理局、10. 兵庫県立大学、11. トルコ　イスタンブール大学
1. Kagawa University, 2. JAMSTEC, 3. NIED, 4. Bogazici University, 5. CTBTO, 6. ERI, 7. Nagoya University, 8. Middle East Technical University, 9. AFAD, 10. University of Hyogo, 11. Istanbul University

Recent, many destructive earthquakes and tsunamis occurred around the plate boundary in the world, which are, 2004 Sumatra Earthquake/Tsunami, 2011 East Japan Earthquake/Tsunami in Japan, and so on. Along plate boundary in Turkey, the North Anatolian Fault (NAF) distributes and the large earthquakes has occurred there. The one of the events along NAF in Turkey is the 1999 Izmit Earthquake, and severe damages was brought to residents The NAF between the eastern end of Turkey and the Aegean Sea has been ruptured in turn from the both ends, and the part off Istanbul city still remains as unruptured zone. It is considered that future large event brings fatal damages not only Istanbul city but also the entire of Turkish economy.

To prepare future large earthquake there, Japan and Turkey made an agreement to start a multidisciplinary research project, MarDiM SATREPS in 2003. The Project has four research groups with the following goals. Group 1 is Marmara Earthquake Source region observational research group to clarify seismicity, crustal structures and crustal displacement, and to construct a possible fault model. Group 2 focuses on scenario researches of earthquake occurrence along NAF and precise tsunami simulation in the Marmara region. Group 3 aims improvements and constructions of seismic characterizations and damage predictions based on observation researches and precise simulations. Group 4 promotes disaster educations using research result visuals and construct strategies of disaster mitigation.

Group 1 constructed a fault model along NAF with some asperities and with variation on the dip. The segment boundary was also identified through the modeling and it is consistent with the past rupture pattern and fluid distribution. The NAF on the western region of Sea of Marmara has creep and the rate is nearly half of block motion based on direct seafloor observation for crustal displacement. Group 2 calculated cyclic rupture pattern along NAF using heterogeneous fault model and constructed monitoring system “SWIFT” for crustal stress field by mechanisms of many events estimated automatically. We developed tsunami calculation code to image inundation around the coastal area. Group 3 investigated ground structure through regular fine shake observation, and constructed city model of industrial region supporting Turkish economy. We simulated strong motion using ground structure, city model and fault model derived from Group 1 and made a new hazard map. Group 4 considered teaching materials for disaster prevention including Japanese animation technique based on above results of three groups.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

These materials are utilized for disaster mitigation in Marmara region and disaster education in Turkey.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、リスク評価、防災教育
Keywords: North Anatolian Fault, Sae of Marmara , Risk evaluation, Disaster education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定
Estimation of fault activity by multivariate analysis using chemical composition of fault gouge

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2]
*Ryo Tateishi[1], Koji Shimada[2], Tadamasa Ueki[2], Mayuko Shimizu[2], Tetsuya Komatsu[2], Shigeru Sueoka[2], Masakazu Niwa[2], Ken-ichi Yasue[1], Tsuneari Ishimaru[2]

1. 富山大学、2. 日本原子力研究開発機構
1. University of Toyama, 2. Japan Atomic Energy Agency

はじめに：活断層は，現在の地形及び第四紀の被覆層の変位・変形により認定される．しかし，第四紀の被覆層が存在しない場合，そこにある断層が活断層であるかそうでないかの決定は非常に困難となる．活断層の認定に係る断層の活動性評価は，原子力施設などの重要建造物の安全評価，ひいては地層処分などにおけるサイト選定にとっても非常に重要である．本研究では，国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを変量とした多変量解析を行い，断層活動の有無の判別を試みた．

手法：本研究は，文献収集→断層ガウジの化学組成データの抽出→新たな化学分析データの追加→入力データの整理→変数選択→線形判別分析という流れで活断層と非活断層の違いを判別できるかどうかを確認した．まず，既存の文献から国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを抽出した．この際，分析対象が活断層か非活断層か文献に明記されていること，付加体，花崗岩質岩など多様な基盤岩を持つことを抽出条件とした．また，原子力機構保有の断層ガウジ試料の化学分析を行い，両者を統合したデータベースを作成した．このデータベースには，各試料の試料名と分析値のほか，活断層か非活断層かという２つの分類を与えた．次に，このデータベースから説明変数の候補となる元素を決め，入力データとして整理した．文献から抽出した化学組成データは，全て同じ元素が分析されている訳ではないため，試料数をできるだけ多く取れるように共通の元素を選んだ．そして，それらの元素から，活断層と非活断層の判別に適した元素を更に抽出するため，赤池情報量基準（AIC：Akaike,1973）と主成分分析の2つの方法で変数選択を行った．最後に，AICで選択された元素，主成分分析で因子負荷量が高いとされた元素の組合せを説明変数として線形判別分析を行った．ここで，AICは，複数の統計的モデルの良さを比較評価するための規準であり，活断層と非活断層の2群を分けるのに最適な元素の組合せを示す．一方，主成分分析は，多種のデータの持つ情報をできるだけ損なわずに低次元化する手法であり，多次元空間における個々のデータの散らばり具合を説明する合成式が次元の数だけ得られる．この合成式は，データの散らばり具合を説明できる割合（寄与率）の順に第1主成分，第2主成分，第3主成分…と呼ばれる．また，得られた合成式における各元素の重み（因子負荷量）も数値化される．線形判別分析は，2群が正規分布すること，等分散性を持つことを前提として，多次元における2群の中心点を基準として，2群が最も良く分かれる直線（一次式）を求める手法である。

結果：文献収集の結果，既存の論文7編と原子力機構の報告書5編から断層ガウジの化学組成データを抽出した．これに原子力機構保有の断層ガウジ6試料の化学分析結果を加えたデータベースから，変数の候補となる元素をSiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3*, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Rb, Sr, Y, Nb, Ba, Pb, Thの17元素に絞った．データの数は活断層41試料，非活断層16試料の合計57試料となった．これら17元素から，AICでは13元素が最適な元素の組合せとして抽出された．主成分分析では，第1主成分から第17主成分までの合成式が得られ，各合成式で因子負荷量の高い元素が算出された．これらの結果から，①AICの13元素，②主成分分析の第3主成分まで（化学組成の散らばり具合を65%説明する），③第5主成分まで（同じく80%），④第8主成分まで（同じく90%）の因子負荷量の平均値が上位10位に入る元素の組合せで線形判別分析を行った．その結果，①③④の組合せで活断層と非活断層の2群を正確に分ける一次式が得られた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

考察：上記①③④の元素の組合せに共通する元素はTiO_2, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, Baの6元素である．この6元素の組合せ（以下⑤とする）で再度線形判別分析を行ったところ，2群を正確に分ける結果となった．これらの元素は異なる手法あるいはフィルターで選ばれたものであることから，活断層と非活断層の違いを表す元素の可能性がある．また，①③④⑤の一次式に別の活断層の断層ガウジ３試料のデータを代入し，検証を行った結果，全ての式で活断層側と判別される値が出た．ただし，これらの値は母集団の分布範囲から外れており，その傾向は元素数が多いほど顕著であった．すなわち，⑤の組合せが最も母集団と近い値となった．このことから，現時点では，⑤の6元素で構成される一次式が，活断層と非活断層を分ける最良の式と判断した．

おわりに：断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析により，活断層41試料と非活断層16試料の2群を，化学組成から正確に分ける一次式が複数得られた．更に，これらの一次式に共通する元素の組合せから，活断層と非活断層の違いを表す元素を6つに絞ることができた．この6元素は，今後「なぜ活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成が異なるのか」という本質的議論の鍵となる可能性がある．

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。

引用文献：Akaike, H., Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), p. 267-281, 1973.

キーワード：断層ガウジの化学組成、多変量解析、活断層と非活断層
Keywords: Chemical composition of fault gouge, Multivariate analysis, Active faults and inactive faults

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ー スリップパーティショニングの最大化を例として ー
Bayesian optimization of fault-shape parameters using finite element analysis: parameter sets for strong slip partitioning

*竿本 英貴[1]
*Hidetaka Saomoto[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

断層変位解析を含む三次元有限要素解析は，一定レベル以上の計算時間を必要とするため，多くの解析ケースについての検討は一般に困難である．一方で，観測結果を模擬するためには少なくともいくつかの解析ケースについて検討する必要がある．観測結果とシミュレーション結果の残差に対してモデルパラメータの感度が容易に求まらない場合，グリッドサーチによってパラメータの良し悪しを検討するのが通例であるが，パラメータ数が多くなると検討すべき解析ケース数が指数関数的に増加するため，グリッドサーチは効率的ではない．一方，遺伝的アルゴリズムなど進化計算に基づくパラメータ最適化は感度情報が不必要かつ強い非線形問題についても適用できるという利点があり，広く用いられている．しかしながら，進化計算に基づくパラメータ最適化は1ケースあたりの計算時間が短い場合への適用に限られ，今回対象とする(計算時間が長い)三次元有限要素解析には適用しづらい．

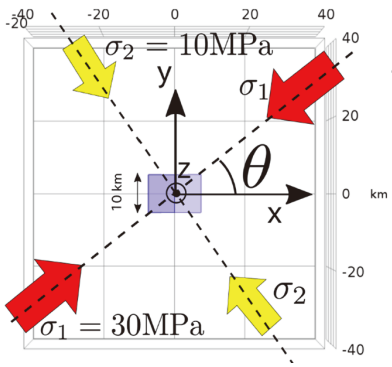
近年，なるべく少ない試行回数で最適パラメータを求めようとする手法として，ベイズ最適化手法が注目されている．ベイズ最適化はある時点までに実施してきた試行結果を元にして，次の探索候補を逐次的に決定するアルゴリズムであり，グリッドサーチに比べて効率的である上，進化計算に基づくアルゴリズムのように多くの解析ケース(ただし，グリッドサーチよりは少ない)を必要としない．ここではベイズ最適化手法の一つであるTree-Structured Parzen Estimatorに基づく最適化ライブラリOptuna(1)を有限要素解析(COMSOL Multiphysics)と組み合わせることで，スリップパーティショニングを積極的に起こす断層面形状を探索した．ベイズ最適化から得られた断層面形状に関するパラメータセットは，事前に実施したグリッドサーチから得られたパラメータセットと整合的であり，グリッドサーチの結果よりもスリップパーティショニングの程度が大きくなった．今回の検討から，ベイズ最適化手法によって効率的に断層面形状に関するパラメータが探索できることが示された．

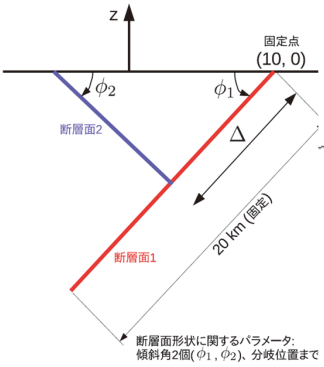
参考文献:

(1) Preferred Networks, Inc.: https://optuna.org/

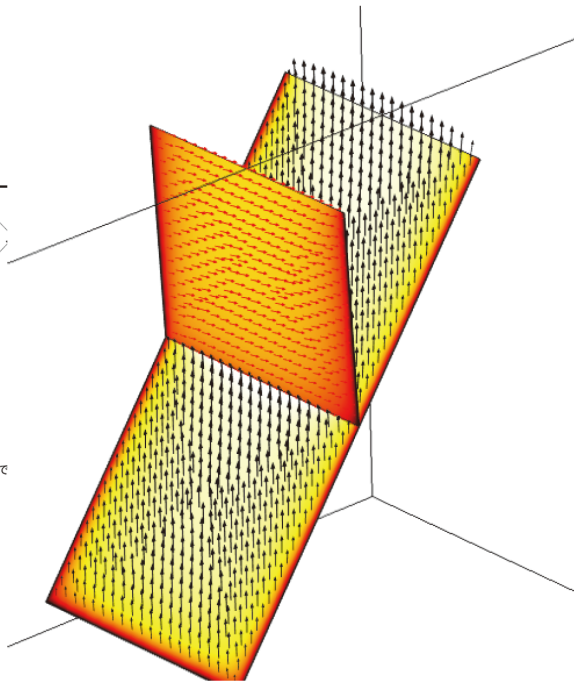
キーワード：活断層、有限要素法、ベイズ最適化、スリップパーティショニング
Keywords: Active Fault, Finite Element Method, Bayesian Optimization, Slip Partitioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





最適化するパラメータ：
主応力方位と断層面形状に関するパラメータ



Θ= 33.8°, ϕ1= 54.5°, ϕ2= 86.3°, Δ=10 km
のとき、スリップパーティショニングが
生じやすいと考える

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_31

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寳楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学　地域強靭化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震
Paleoseismicity of Atsuma Town , Hokkaido: Evidence from landslide deposits

*田近 淳[1]、乾 哲也[2]
*Jun Tajika[1], Tetsuya Inui[2]

1. 株式会社ドーコン、2. 厚真町教育委員会
1. Docon Co.,Ltd., 2. Board of Education, Atsuma Town

2018年北海道胆振東部地震（胆振東部地震）が発生し，この地域の地震履歴が注目されている．筆者らは，以前，厚真町厚幌１遺跡で縄文時代中期（土器編年からは約4千年前：^{14}C年代は5.6～2.5cal.yBP）に地震よる地すべり（成層した樽前dテフラ（以下Ta-d：9ka）のスライド：debris slide）が発生したことを示し，それらは石狩低地東縁断層帯の活動時期と一致することを指摘した（田近ほか，2004，2016）．今後のこの地域の地震活動を評価する上で，古地震の痕跡の再検討は重要な課題である．そこで，厚幌１遺跡背後の斜面で，今回再び発生した地すべりを記載し，縄文時代の地震（縄文地震）による地すべりと比較するとともに，町内の遺跡で見られる地震痕跡について整理を行った．

胆振東部地震による地すべりは厚幌１遺跡の背後の斜面A～E５か所で発生した．いずれも成層したTa-dテフラのスライドで，縄文時代の地すべりと同じである．平滑斜面で発生したAを除くと，すべて斜面下部を遷急線で切られた懸谷形斜面で発生した．これらの移動体は長距離移動し，特に最大のBの移動体は道路盛土（約7m）を乗り越え斜面基部から約170m移動して別の道路盛土を削剥して停止した．B及びD,Eの斜面下では縄文地震の際の地すべり移動体が発見されているが，斜面基部からの移動量は最大約70mにすぎない．ただし，見かけの等価摩擦係数は0.3程度で両者ともあまり変わらない．移動距離が大きいのは崩壊源が斜面上部に拡大したことなどが原因かもしれない．

縄文地震と同時期の地すべり堆積物やその痕跡は，厚幌ダム湛水域のオニキシベ３遺跡をはじめとして上幌内モイ遺跡，イクバンドユクチセ遺跡，ヲチャラセナイ遺跡北部など広い範囲に分布する（厚真町教育委員会，2009；北海道埋蔵文化財センター，2016，2018）．また，今回の地震で崩壊した山腹斜面にはTa-dを欠く，あるいは樽前cテフラ（Ta-c：2.5ka）の上にTa-dが載る斜面がしばしばみられ，縄文地震イベントあるいはTa-cと樽前bテフラ（Ta-b：AD1667年）間の地震イベントで崩壊した斜面の可能性がある．厚真町内ではこのほかに，Ta-c以降，苫小牧白頭山テフラ（B-Tm：10C）以前の「地割れ」イベント（豊沢地区，豊沢６遺跡：北海道教育委員会，2012），Ta-b（AD1694年）とTa-a(AD1739年)の間に液状化イベント（吉野地区ヲイカルマイ遺跡：厚真町教育委員会，2013）が確認されているのみである．以上のように，現時点ではテフラのスライドが群発するようなイベントは，Ta-d の堆積した9千年前以降，今回と縄文地震以外には認められない．Ta-cとB-Tm間のイベントも斜面変動を伴うが，その規模は小さい．

キーワード：古地震学、液状化、地すべり移動体
Keywords: Paleo seismology, Liquefaction, landslide body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

Gravity survey and subsurface structure across the Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Northeast Japan(part 2; estimation of the subsurface structure using the density of rock samples)

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8]
*Shinsuke Okada[1], Hideki Kosaka[2], Kyoko Kagohara[3], Toshifumi Imaizumi[4], Kohei Abe[5], Susumu Sakashita[5], Atsushi Miwa[5], Kouta Koshika[5], Yusuke Oda[5], Yuki tsukamoto[6], Takahiro Miyauchi[7], Tomoo Echigo[8]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. （株）環境地質、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学名誉教授、5. 応用地質株式会社、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8. 地域地盤環境研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Kankyo Chishitsu, Co. Ltd., 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Emeritus professor of Tohoku University, 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Department of Earth Sciences, Graduate School and Faculty of Science, Chiba University, 8. Geo-Research Institute

青森湾西岸断層帯は，青森県東津軽郡蓬田村から青森市に向かって，北北西−南南東方向に延びる長さ約31 km断層帯であり，青森湾西断層，野木和断層，入内断層から構成される西傾斜の逆断層帯である（地震調査研究推進本部, 2004）。楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）では，2016年に蓬田村周辺において青森湾西断層を横断する浅層反射法地震探査およびCSAMT探査を実施し，浅部で低角化した青森湾西断層とその逆断層運動によって変形を受けた地質構造を明らかにした。本研究では，楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）と同一測線において2017年に重力探査を実施し，ブーゲー重力異常による地下の密度構造を推定した（岡田ほか, 2018）。

得られたブーゲー重力異常は，浅層反射法地震探査（楮原, 2017）およびCSAMT探査（坂下, 2017）から得られた地下の地質構造を拘束条件として用い，タルワニ法（Talwani et al., 1959）によって，地下構造を検証した。しかし，2018年の発表（岡田ほか, 2018）では，各地層の密度の推定に検討の余地があり，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の一部に乖離がある部分もあった。そこで，各地層の露頭においてサンプリング調査を実施し，岩石密度測定（村田ほか編, 1991の方法に基づく）を行うことによって，ブーゲー重力異常の計算に用いた。一部の層準には，密度の逆転が見られた。密度測定の結果をタルワニ法に用いることにより，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の乖離がほぼ解消し，地下の密度構造の推定が大きく改善された。

[文献]

地震調査研究推進本部, 2014, 青森湾西岸断層帯の評価, 16 p.

楮原京子ほか, 2017, 津軽山地東縁における反射法地震探査, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P08, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

村田泰章ほか編，1991，日本の岩石物性値ー密度，磁性，P波速度，有効間隙率，熱伝導ー, 地質調査所報告, No. 276, 302 pp.

岡田ほか, 2019, 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造, 日本地球惑星科学連合2018年大会, SSS08-P05, 幕張メッセ国際会議場, 2018-05-22.

坂下　晋ほか, 2017, 多チャンネル電磁探査装置を用いた高密度CSAMT探査の活構造調査への適用, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P18, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talwani M., Worzel J. L., and Landisman M., 1959, Rapid gravity computations for 2-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, J. Geophys. Res., 64, 49-59, doi:10.1029/JZ064i001p00049.

キーワード：重力探査、ブーゲー重力異常、岩石密度測定、青森湾西岸断層帯、反射法地震探査、CSAMT探査
Keywords: Gravity survey, Bouguer gravity anomaly, Rock density measuring, Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Seismic reflection survey, CSAMT survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？
Was the 1611 Keicho earthquake a giant interplate event like the 2011 Tohoku earthquake?

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1]
*Tomoya Harada[1], Akihito Nishiyama[1], Kenji Satake[1], Takashi Furumura[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

慶長十六年十月二十八日（1611年12月2日）の三陸地震（以下，「慶長三陸地震」）は，地震動による被害の記録は未発見だが，東北地方･北海道の太平洋岸で津波による犠牲者が多数出たと記録されている．この特徴が，1896年明治三陸地震（M8.1）や1933年昭和三陸地震（M8.1）の特徴と似ていることから，慶長地震は，これらと同タイプの地震であったと考えられてきた（羽鳥，1975；相田，1977；渡辺，1998）．ところが，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0；以下，「東北地震」）の発生後，慶長三陸地震による津波が，東北地震による津波と同様に広域的に高かったと判断し（例えば，蝦名，2014；岩本，2013），この津波を再現するためには，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震（Mw8.4～8.7）（今井･他，2015），あるいは，Mw9.0の津波地震（福原･谷岡，2017）を考える必要があることを，津波シミュレーションに基づき議論している．この判断は，三陸地方や仙台平野に伝わる津波の伝説や伝承を含む歴史記録に基づく津波高や浸水範囲（例えば，羽鳥，1975；都司･他，2011；蝦名･今井，2014）の推定が，東北地震と同等以上であることを主な根拠としている．しかし，津波高や浸水域の推定方法，推定に使われた歴史記録の信頼性について十分な検討が行われたとは言い難く，歴史研究者からも疑問が呈されている（例えば，菅野，2014；佐々木，2014；斎野，2017）．

そこで本研究では，同時代史料による慶長地震の特徴と東北地震を比較することにより，慶長三陸地震の震源像を考察した．

東北地震の発生時，東京は震度5弱～5強の強い揺れに長時間見舞われ，本震後24時間以内の有感地震は200回を越えた（気象庁震度データベースによる）．さらに，長野県北部でMw6.7，静岡県東部でMw6.4の誘発地震が発生し，被害も出た．よって，慶長三陸地震が東北地震と同規模のプレート間地震であれば，江戸では長時間の強い揺れとそれに伴う大被害，さらに，数日以上にわたる余震・誘発地震による揺れが記録されている可能性がある．実際に，寛政五年一月七日（1793年2月17日）の宮城県沖の地震（M8.0～8.4）では，江戸で小被害と地震後2日間で約50回の有感地震が記録されている（宇佐美･他,2013）．

慶長三陸地震発生時の江戸には，京都の公家の山科言緒と舟橋秀賢が滞在しており，それぞれ，『言緒卿記』に「（廿八日）辰刻大地振，（廿九日）至夜地動」，『慶長日件録』に「（廿八日）午刻地震，（廿九日）丑刻地動」と記している．本震の震度は3程度と推定され，長時間揺れたという記述はない．また，余震によると思われる揺れは，本震翌日の“地動”が1回記録されているのみである．さらに，両日記には，地震翌日に武蔵野見物に行った様子が記されており，有感地震が続発した状況はみられない．『駿府記』によれば，徳川家康は十月廿六日以降に現埼玉県内で何事もなく鷹狩りを挙行している．また，東北地震後のような誘発被害地震の記録もない．したがって，関東において，本震の揺れが弱く，活発な余震活動や誘発地震の記録がない慶長三陸地震が，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震であったとは考え難い．

斎野（2017）によれば，仙台平野の考古遺跡からは，岩沼市の高大瀬遺跡を除いてこの地震によると考えられる津波堆積物は確認されていない．また，岩手県宮古市の沼の浜，福島県南相馬市の井田川低地においても確認されておらず（Goto et al. 2019; Kusumoto et al. 2018），慶長三陸地震の津波の規模は東北地震より小さかった可能性が高い．

以上より，この地震は，三陸海岸で10m以上の高い津波を発生させたが，東京において本震の揺れが弱く，余震もほぼ感じられなかった明治三陸地震か昭和三陸地震と同タイプの地震であった可能性が高い．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なお，後世に成立した史料や成立年不明の史料の中には，慶長三陸地震の5年後の元和二年（1616年）十月廿八日に地震と津波があったことを示す史料が含まれる．例えば，『大槌古館由来記』では「元和二年丙辰年大津波，其日十月廿八日八日市日ニて，朝よりゆり出度々地震仕候，」の記述がある．

元和二年には，七月廿八日に仙台城の石垣･櫓に大被害を与えた大地震が記録されており，（『伊達治家記録』），時刻は異なるが江戸における長時間の地震の揺れの記述もある（『イギリス商館長日記』）．商館長日記には，翌日にも江戸で2,3回の地震があったと記述されている．したがって，『大槌古館由来記』のような史料では，慶長三陸地震と元和二年の大地震とが混同されている可能性がある．今後，慶長三陸地震の地震像を考えるに当たり，元和二年の大地震を含めた検討が必要である．

キーワード：1611年慶長の三陸地震、プレート間超巨大地震、史料の信頼性、一級地震史料、津波高と津波浸水域、津波堆積物
Keywords: 1611 Keicho earthquake, a giant interplate earthquake, reliability of historical records, primary historical documents, tsunami heights and inundation areas, tsunami traces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

*Liao Jhih Hao[1]、Shyu J Bruce[1]、Iryu Yasufumi[2]、Tsutsumi Hiroyuki[3]、Chia-Yu Chen[1]
*Jhih Hao Liao[1], J Bruce H Shyu[1], Yasufumi Iryu[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Chia-Yu Chen[1]

1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan
1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan

The islands of Japan are located at the boundaries between the Eurasian, Philippine Sea, and Pacific plates, with frequent earthquakes and numerous active structures. In the Tohoku Region, for example, the Ou Backbone Range is bounded on its both sides by two major active structural systems: the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin in the west and the Western Marginal Fault Zone of the Kitakami Lowland in the east. However, the relative activeness and characteristics of these two systems are still not clear. As fluvial systems are capable of recording variations of topography caused by tectonic, climatic, lithologic, and anthropogenic influences, we hope to further understand these two structural systems using fluvial geomorphology of the Ou Backbone Range area.

In this study, we analyzed river profiles to obtain the geomorphic index χ and the river steepness index (k_{sn}). The results show that the steepness index of river channels along the two flanks of the Ou Backbone Range are different, likely indicating different tectonic activities. However, we also found a number of knickpoints along several river networks. We investigated these knickpoints with satellite imagery and field surveys. Our results show that these knickpoints are mostly produced by local resistant rock layers or check dams, instead of reflecting different states of tectonic activity.

Therefore, we were able to exclude the influence of the knickpoints and to focus only on the results of river steepness index. The results show that rivers along the western flank of the Ou Backbone Range generally have steeper channels than those along the eastern flank. This suggests that the uplift rate of the range’s western flank is higher, and the structures in the west may have higher activity. The results are consistent with the vertical slip rate estimates of the faults; ~1 mm/yr for the western flank and 0.2-0.4 mm/yr for the eastern flank. Moreover, the northern segment of the range’s western flank has the steepest river channels. This result appears to correspond with the surface ruptures of the Senya fault, Ota fault, and other related faults during the 1896 Rikuu earthquake. As a result, we propose that the northern segment of the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin may be the primary structural system in the region, producing the faster uplift of the range and rapid subsidence of the basin, and steeper channels along the western flank of the Ou Backbone Range.

キーワード：Neotectonic activity、river steepness index、fluvial geomorphic index χ、Ou Backbone Range、Japan
Keywords: Neotectonic activity, river steepness index, fluvial geomorphic index χ, Ou Backbone Range, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録ー予報ー

Tsunami record of the last 700 years in bottom sediment of lake Kasumi-ga-ura, southeastern part of Ibaragi Prefecture

*井内 美郎[1]
*Yoshio Inouchi[1]

1. 早稲田大学人間科学学術院
1. Faculty of Human Sciences, Waseda University

茨城県東南部に位置する霞ケ浦は，利根川筋を通じて太平洋と連絡している．今回試料を採取した霞ケ浦中央部は，利根川河口から最大約50kmの距離がある．また，2011年3月の東北地方太平洋沖地震の際に観察された津波高は，利根川河口で+2.5m，河口から約18kmの河口堰で最大Y.P.+2.4m(T.P.+1.6m)が観測された（独立行政法人水資源機構 利根川下流総合管理所・利根川河口堰管理所ホームページより）．このような情報を背景に霞ケ浦湖底堆積物の検討を行った．2018年8月21日，霞ケ浦の湖心域水深約6mにおいて押し込み式柱状採泥器を用いて77cm長の試料を採取した．採取試料についてＣＴスキャナを用いてCT画像を撮影し，厚さ1cm毎に粒度分析用試料を採取した．試料断面肉眼観察の結果，深度42cmに浅間Aテフラ，深度50cmに富士宝永テフラが，深度70～73cmにヤマトシジミ殻数個が確認できた．CT画像観察と粒度分析の結果，通常の堆積物は体積重み付き平均粒径で10マイクロメーター以下であるのに対して，10マイクロメーターを上回り，CT画像で上下の層準より相対的にX線の透過が劣るという特徴のある10層準以上のイベント層が確認できた．それらの層準は，砂粒子を実体顕微鏡で観察した結果，石英・長石・輝石などの鉱物粒子や軽石・スコリア粒子などのほか，微量の植物片や貝殻片が確認できるばあいがある．堆積物の乾燥重量とテフラの降下年代を基に重量堆積速度を求め，それぞれのイベント堆積物の堆積年代を推定したところ，歴史的な大きな津波の年代と近似することが明らかになった．先に述べたように，霞ケ浦は太平洋から50㎞以上離れており，利根川筋を通じで遡上した津波高は早急に減衰することが考えられるが，今回の調査の結果，いくつかの大きな津波は，利根川流域の底質を巻き込みながら，霞ケ浦にまで到達した可能性が高いことが示された．その主なものは，1933年昭和三陸津波，1909年千葉房総沖地震津波，1896年明治三陸地震津波，1877年および1837年チリ地震津波，1703年元禄地震津波，1677年延宝房総沖地震津波，1605年慶長地震津波または1611年慶長三陸津波，1586年天正13年津波，1498年明応地震津波または1454年享禄地震津波，1361年正平16年地震津波などの可能性がある．

キーワード：津波、地震、湖沼、堆積物、粒度
Keywords: tsunami, earthquake, lake, sediment, grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出
Detecting concealed fault by microtremor H/V study in Miura Peninsula

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1]
*Kazuzi Ogawa[1], Yasuyuki Iwase[1], Takumi Murakoshi[1], Toshihisa Itano[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy

関東地方南部に位置する三浦半島は多くの活断層が存在する。5万分の1地質図幅 横須賀(1998)によると、葉山地域湘南国際村の中心部におよそ東西走向の伏在断層があると考えられている。本研究では、存在しているとされる断層（伏在断層）を検出する手法として、常時微動観測による断層の検出を目指している。常時微動とは、地震の無い時にも常に地面を揺らしている振動のことである。常時微動は自然現象や人間活動に起因する、一見ランダムなノイズだが、伝播の媒質となる地盤の情報を含んでいる。現在では、常時微動のH/Vスペクトル比を用いた研究は観測の利便性もあり、 中村ほか(1986)の従来の地盤評価、Gueguen et al.(2000)の地下構造推定を経て、渋谷(2008)やSant et al.(2017)のような活断層の検出という風に応用が広がっている。

本研究では、常時微動観測は地質図に示されている伏在断層を横切るように南北約700mの範囲内の15か所の観測点で実施した。観測は、JU410（白山工業）を用いて行い、サンプリング周波数は100 Hzとした。また、各観測点で15分間計測した。解析は、データウィンドウ長を20秒とし、45個のデータセットのうちノイズの激しい部分を除去したデータセットからH/Vスペクトル比を計算し、その平均値を用いた。データセットにはオーバーラップは認めていない。本研究のH/Vスペクトル比の算出方法は、以下の通りである。まず南北・東西・上下方向の加速度波形からそれぞれのフーリエスペクトルを求める。次に、スペクトルの南北成分の2乗と東西成分の2乗の和の平方根を、上下成分で除すことからH/Vスペクトル比を求める。また、南北成分を上下成分で除す及び東西成分を上下成分で除すことからNS/UD、EW/UDをそれぞれ求める。H/Vスペクトル比の算出と、NS/UD及びEW/UDの算出は別々に行う。このことから、南北方向と東西方向について異方性を考慮することができる。

解析の結果、H/Vスペクトル比の卓越周波数は地質図に示された伏在断層のおよそ100 m南を境に北部では5 Hz程度、南部では3 Hz程度であり、伏在断層の直交方向の卓越周波数の変化が確認された。このことは湘南国際村の中心部において、北から南に向かい、基盤岩と堆積層の境界が深くなっている可能性を示している。また、H/Vスペクトル比のピークが見られる周波数においてEW/UDがNS/UDに対して卓越していることが確認された。このことは、湘南国際村の中心部において東西方向に伏在断層が存在し、常時微動H/Vスペクトル比が卓越する周波数において伏在断層の走向と同じ方向にスペクトルが大きくなるという異方性がある可能性を示唆している。またこのような異方性を意識した常時微動観測・解析は今後の断層研究その他の発展につなげていけると期待できる。

キーワード：常時微動、H/Vスペクトル比、伏在断層、異方性
Keywords: Microtremor, H/V spectral ratio, Concealed fault, Anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度
Distribution, geometry and slip rates of branch faults around the Kita-Izu fault zone

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Ryuhei Oda[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

伊豆半島北東部には，ほぼ南北の一般走向を持つ北伊豆断層帯が存在し，その東側一帯には南東方向に派生する分岐断層群（地震調査研究推進本部，2005）が分布する．しかし，これら分岐断層群の変位速度はほとんど明らかにされていない．池田ほか（1996）は震源断層と地表の活断層群との一連のシステムについて述べ，近接して分布する活断層群の関連性を理解することが，震源断層の活動を推定する上で非常に重要であるとしている．地表で主断層とそれから枝分かれする分岐活断層の関連性を明らかにするために，分岐活断層の基礎的情報（分布・形状や変位速度）を明らかにする必要がある．加えて，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布・形態や形成年代についてもほとんど分かっていない．そこで，本研究では，北伊豆断層帯の中でも大きな変位が確認されている主断層（丹那断層・浮橋中央断層）に斜交・並行する分岐活断層を対象とし，これら分岐活断層の分布・形状や変位速度を明らかにする．さらに，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布や形態を明らかにし，それらの形成年代についても考察する．

本研究では，まず地形判読を行い，地形面区分図と活断層分布図を作成した．そして，国土地理院提供のDEMデータを用いて，分岐活断層の累積変位量の測量を行った．現地調査では，判読した活断層の踏査と断層周辺の地形面を構成する堆積物の観察を行った．

地形判読から，研究地域の地形面を丘腹緩斜面，台地状緩斜面（高位・低位），扇状地面，火山麓扇状地面，河成段丘面（一部については細分した）に区分した．また，活断層分布図では，活断層，推定活断層，活断層の可能性があるリニアメントに分けて図示した．その結果，北伊豆断層帯は主に雁行する左横ずれ断層によって構成され，北端部の芦ノ湖南周辺や南端部の早霧湖周辺では，東西走向の右横ずれ断層が分布することが分かった．丹那断層と浮橋中央断層に斜交・並行する分岐活断層は，丹那断層と浮橋中央断層の主に東側に分布し，ほぼ南北走向の左横ずれ断層や北西一南東走向，東西走向の右横ずれ断層が存在することが分かった．露頭調査では，地形面の形成年代を推定することが可能な堆積物を確認することができなかった．そのため，精度は低くなるが，本研究では，5万分の1地質図「熱海」（及川・石塚，2011）を用いて，地形の基盤を成す地質の年代を地形面の形成年代の下限とした．

断層変位地形から求めた上下・横ずれ累積変位量と，地形面の下限の形成年代を用いて，分岐活断層の変位速度の下限を算出した．その結果，研究地域の分岐活断層の横ずれ変位速度の下限は主に0.10～1.0 mm/yr，縦ずれ変位速度は主に0.01～0.10 mm/yrを示した．同様に，丹那断層と浮橋中央断層の変位速度を算出し，分岐活断層の変位速度と比較したところ，分岐活断層の横ずれ変位速度は丹那断層と浮橋中央断層より1桁小さいことが分かった．したがって，分岐活断層の活動性は，丹那断層と浮橋中央断層のそれよりも低いと考えられる．今後は，精度のよい変位速度を求めるために，堰き止め谷での掘削調査などを行う必要がある．

また，丹那断層の北部には，南北または北西一南東走向の左横ずれセンスを持つ活断層が分布する．これらの活断層は丹那断層とミの字型の雁行配列をなし，分岐活断層と比べて大きな変位速度の値を示す．さらに，北伊豆断層帯の最新の活動である1930年北伊豆地震時に丹那断層と共に活動した可能性がある（松田，1972）．これらのことから，丹那断層の北部に位置する一部の活断層は，丹那断層の北端部を構成する活断層であることが示唆される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：北伊豆断層帯、丹那断層、浮橋中央断層、分岐活断層、変位速度
Keywords: Kita-Izu fault zone, Tanna fault, Ukihashi central fault, branch faults, slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査
Paleoseismology of the southern part of Kamishiro fault, ISTL active fault zone, central Japan

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ
*Kotaro Mizutani[1], Daisuke Hirouchi[1], Nobuhisa Matsuta[2], Tatsuya Ishiyama[3], Nobuhiko Sugito[4], Ken-ichi Yasue[5], Yoshihiro Takeshita[1], Natsuko Fujita[6], Hiroshi Sawa[7], Ryosuke Doke[8], Haruo Maruyama[9], Kazutaka Ikeda[10], Kamishiro Fault

1. 信州大学、2. 岡山大学、3. 東大地震研、4. 法政大学、5. 富山大学、6. 日本原子力研究開発機構、7. 鶴岡工業高等専門学校、8. 神奈川県温泉地学研究所、9. 木曽青峰高校、10. 望月小学校
1. Shinshu University, 2. Okayama University, 3. ERI, University of Tokyo, 4. Hosei University, 5. Toyama University, 6. JAEA, 7. Tsuruoka Nat.Col.Tech., 8. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Pref., 9. Kisoseiho High school, 10. Mochiduki Elementary School

1. はじめに

2014年11月22日に発生した神城断層の一部を震源とする長野県神城断層地震（M6.7）は断層のおよそ北半分において最大変位量約1mに及ぶ地表地震断層を出現させた。地震後，変位量調査やトレンチ掘削調査などが行われ，一つ前の地震は1714年の小谷地震の可能性が高いことなど徐々に明らかになっている。一方で，断層南半部の活動履歴など断層の活動履歴などは断層北半部と比較してまだ十分ではない。

また青木湖以南では左横ずれ変位を示す断層トレースも指摘されており（柏木，1987；柏木ほか，1988），都市圏活断層図「大町 改訂版」（廣内ほか，2018）では左横ずれ断層が改めて記載され，北半部と比較した活動履歴や活動特性の解明が待たれている。

2. 変動地形から見積もられる横ずれ変位速度

本研究では，神城断層における空中写真判読を行い，変動地形の記載を行った。またトレンチ掘削調査を実施した。青木湖南岸では２条の断層（廣内ほか，2018）が指摘されるが最も東側の断層の北延長において，新たに左屈曲した尾根や河谷を新たに見出した。尾根の屈曲量は約43mである。尾根基部でのトレンチ調査より，尾根は湖成層によって構成されるバルジであり約2万年前(21330±90yrBP)の年代試料が得られたことから，左横ずれの変位速度約2.0m/ky(min)が算出される。この値は西側に分布する東側隆起の逆断層の上下変位速度約2m/ky（松多ほか，2006）と同等の値であり，従来の知見と合わせると大きな左横ずれ変位を持つ断層が少なくとも青木湖南岸まで連続することが明らかとなった。

3. トレンチ掘削調査

青木湖南岸の左屈曲した尾根の基部でトレンチ掘削調査を行った。掘削地点は東側の山地から西に広がる扇状地に，左屈曲し西側隆起の尾根（バルジ）が塞ぐ形で新しい堆積物をトラップしており，活動履歴の痕跡を得られる可能性が高い地点である。

トレンチ壁面には幅約15mにわたって地層が西上がりの変形を受け，西側ほど直立に近い変形を被っており，東に向かって新しくなるよう分布する。西側の地層は風化した大峰帯の一部であり，これを覆って暗色の湖成層と流入する周辺層の互層が認められる。湖成層上部の試料から約2万年前(21330±90yrBP)の年代値が得られた。湖成層の上位にはさらにほぼ直立した青灰色の砂層，砂礫層が堆積するが，大部分は淘汰が悪く，土石流とこれを覆う淘汰の良い砂が堆積する。この砂礫層上位には明灰色のシルト～粘土層が堆積するが，これらは西上がりの低角断層により引きずられるような変形を受け，大きく東へ撓み下がって低下側にトラップされた腐植層と接している。低下側の腐植層は数層に区分されるが。下位のものほど東へ傾きブルドージングによって一部厚くなるような変形を受け，上位の腐植層が傾斜不整合でこれを覆う。これらの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セットが少なくとも3層準認められた。腐植層最下部の試料からは4720±30yrBPの年代値が得られ，約4700年前以降少なくとも2-3回のイベントが認められる。現在イベントの年代に関わる試料の年代測定を進めている。

　また青木湖南方の木崎湖北東部の海ノ口地区でも左横ずれ断層のトレンチ掘削調査を行っており，壁面からは非常に高角な断層が観察されている。こちらもイベントが複数回認められているが，そのイベント時期などは現在調査中である。

キーワード：糸魚川-静岡構造線断層帯、古地震、神城断層、活断層
Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Paleoearthquake, Kamishiro fault, Active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史
Geotectonic history of the Inadani fault zone in southern part of Nagano prefecture, central Japan

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1]
*Shuuhei Tsukui[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

中部日本は数多の活断層が分布している，日本有数の活断層密集地域である(活断層研究，1991)．これらの活断層の多くはNE－SW走向とNW－SE走向を有する高角横ずれ断層群として特徴づけられる．このように横ずれが卓越する地域にありながら，長野県南部に分布する伊那谷断層帯は低角な逆断層として特徴付けられる特異な断層帯である．また，中部地方に分布する活断層の多くは，NE－SW走向とNW－SE走向のうち，どちらか一方のトレンドに分布するが，伊那谷断層帯は一つの断層帯の中でNE－SW走向とNW－SE走向両方の姿勢を持つという点においても特異である．

伊那谷断層帯は，従来NE走向の並列する逆断層群として考えられてきたが，地震調査研究推進本部(2007)によって断層帯南方の断層群に対する活動性の評価が改められ，起震セグメントとしては伊那谷断層帯主部と伊那谷断層帯南東部の2つに区分されることが認識された．伊那谷断層帯主部と南東部はNW走向の活断層である下条山麓断層によって接続されており，従来考えられてきたよりも複雑な断層幾何学を形成していることが分かった．このように推本(2007)によってその運動像に対する認識が改められた伊那谷断層帯が，どのようにして特異な形態を発達させてきたのかを解明することは中部地方のテクトニクスを理解するうえで重要な課題になると考えられる．

伊那谷断層帯の構造発達史を解明するために，より長期の変形を記録していることが期待される花崗岩分布域において調査を実施した．地表踏査では断層の形態や運動センス，断層岩の性状などに着目して調査を行った．調査にて得られたデータから室内作業にて，多重逆解法(山路，1999)を用いた応力解析を行った．また得られた断層岩試料はXRD分析を行い、含有する粘土鉱物の同定を行った。

断層同士の切断関係や，応力場の推定から，本地域の変形は3つの変形ステージに区分された．Stage:1~Stage:2は高角N－S走向のカタクレーサイトを伴う変形であり，Stage:3は低角～中角の断層ガウジを伴う変形であった．Stage:1では，E－W圧縮の横ずれ応力解が，Stage:2ではNW－SE圧縮の横ずれ応力解が，Stage:3ではENE－WSW圧縮の横ずれ～逆断層応力解が検出された．

XRD分析を行った結果、全ての断層ガウジにIlliteとSmectiteが含まれ、試料によってその量比を変化させていた。

本地域は西南日本東部に位置し，日本海拡大に伴う，地塊の時計回り回転と，伊豆弧衝突に伴う地塊の反時計回り回転を被っているため，応力方向について議論するためには，この影響を補正する必要がある．補正後の応力場は，Stage:1：東西圧縮応力場，Stage:2：南北圧縮応力場，Stage:3：東西～北東－南西圧縮応力場となり，香取(2016MS)で検出された屏風山断層に同様の補正を施した応力方向とよく一致する．したがって，今回検出された応力は，中部地方に広域的に作用する応力であるといえる．広域応力の原因をプレートの動きに求めるなら，本地域で最も古い断層岩であるカタクレーサイトは40Ma以降の太平洋プレートの西進を駆動力として形成された可能性がある．

キーワード：伊那谷断層帯、断層岩、活断層、粘土鉱物
Keywords: Inadani fault zone, Fault rock, Active fault, Clay mineral

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴
Characteristics of the fault zone with only the recent slips in the Atera Fault

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2]
Atsushi Nishida[1], *Tomoyuki Ohtani[1], Takuya Niimi[1], Jun'ichi Tsubaki[1], Keiichi Ueta[2]

1. 岐阜大学工学部社会基盤工学科、2. 電力中央研究所
1. Department of Civil Engineering, Gifu University, 2. CRIEPI

活断層の活動性評価には若い被覆層が必要であり，現状ではそれがなければ評価を行うことができない．そこで，基盤岩の断層破砕帯より活動性を評価する手法の開発が望まれる．その際、地表に露出する活断層破砕帯の最新すべり面では直近の過去にすべりを生じただけではなく、それ以前にもすべりを生じている可能性があり、複数回のすべりにより生じた変化の累積を現在観察していることに留意が必要である。よって、過去にすべりが生じた深度が現在と同じ地表付近であるとは限らず、より深部で同じすべり面で活動した可能性がある。そこで、断層破砕帯が直近の過去および最近数回のみの変位により生じる現象を理解するためには、最近数回のみ変位を生じた破砕帯を対象とする必要がある。そのような破砕帯として、岐阜県中津川市付知町田瀬の阿寺断層破砕帯がある。この露頭では阿寺断層は主として下盤側の第四紀砂礫層と上盤側の白亜紀花崗岩の境界として認識される．断層は露頭上部では二条に分岐しており，下側の断層面は砂礫層と花崗岩の境界，上側は花崗岩の内部に位置している．なお、上側の断層面は最上部の一部で砂礫層と接している。遠田ほか(1994)は本露頭で3回の地震イベントを認定しており，上側の断層面は最近数回のみ活動したことがすでに知られている．そこで、この上側の断層面を調査することにより、最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の有する特徴を明らかにすることが本研究の目的である。

この断層面において，詳細な露頭観察を行い、その上で主として断層ガウジ帯に沿って破砕帯試料を採取し，薄片観察、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った．露頭観察により、上側の断層面は上側と下側の断層面の分岐点からさらに二条に分岐していることが明らかとなった。ここでは両者をそれぞれA1, A2破砕帯と呼ぶ。両者の破砕帯では最新すべり面に沿って分岐点から4 mまでは茶褐色断層ガウジ、それより先では明灰色断層ガウジが分布している。遠田ほか(1994)の炭素14年代測定結果を踏まえると、最新すべり面はA1破砕帯であると考えられる。このA1破砕帯の累積変位量は花崗岩上面の分布より2.5 mであると求められる。岩石薄片観察より、A1, A2破砕帯では周囲の風化花崗岩起源の鉱物片を取り込んでいる。粉末X線回折分析より，A1破砕帯で分岐点から1 mまではスメクタイトが認められる。また、蛍光X線分析より，Mnの濃集部がA1, A2破砕帯でそれぞれ分岐点から4 mと3 mまで分布している。

上側破砕帯の活動開始以前には下側破砕帯が活動しており、これにはスメクタイトとMnが周囲の岩石より多く含まれるとともに最新すべり面は茶褐色断層ガウジからなる。よって、上側破砕帯に含まれるスメクタイトとMn濃集部、茶褐色断層ガウジの一部は下側破砕帯から断層変位に伴って引きずられたと考えられる。一方で、A1破砕帯の累積変位量 2.5 mに対してスメクタイトの分布は分岐点から1 m、Mn濃集部と茶褐色断層ガウジの分布は4 mと一致しない。これは、A1破砕帯では薄片観察により周囲の岩石由来のフラグメントが取り込まれていることから、スメクタイトの量比の減少により粉末X線回折分析の検出限界以下となったこと、またA1破砕帯の形成後に新規のMn濃集が生じたことが考えられる。なお、A1破砕帯にフラグメントが取り込まれる理由は、極浅層で低封圧条件下であるために最新すべり面における構成粒子の細粒化ではなく、すべり面周囲でのクラック形成が卓越するためであると考えられる。

キーワード：断層破砕帯、最近の変位、阿寺断層
Keywords: fault zone, recent slips, Atera Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例
Identification of active fault location using real-time ground measurements of atmospheric methane concentration by portable Cavity Ring-down Spectroscopy system: Case study at the Atera fault

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4]
*Michito Shimo[1], Masakazu Niwa[2], Kenji Amano[2], Tomochika Tokunaga[3], Kenichi Tonokura[3], Toshifumi Matsuoka[1], Sebastien Biraud[4]

1. 公益財団法人　深田地質研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4. ローレンスバークレー国立研究所
1. Fukada Geological Institute, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Department of Environment Systems, University of Tokyo, 4. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

１．はじめに

断層や破砕帯は，しばしば地下深部起源のガスが地表に達する移動経路となることから，地表における微量なガス徴をとらえることにより，断層の分布や活動性に関する有用な情報が得られる場合があると期待される．近年，ガス分析技術の革新的な進展は目覚ましく，キャビティーリングダウン分光法（以下，CRDS法）を用いたメタンガス分析装置は，数ppbの計測分解能で0～5000 ppmというダイナミックレンジと1秒以下の時間分解能を達成している．CRDS法は，キャビティ（測定容器）の中にレーザー光を注入し，一対の高反射率ミラー間を多数回反射させた時にミラーから漏れ出す光の強度を測定し，その減衰率からキャビティー内のガス濃度を求めるもので，O’keefe ら（1988, Review of Scientific Instruments, 59, 2544）により発明された技術である．現在では，原位置測定に用いるためのバックパック式の可搬型測定装置が開発されている．本研究では，CRDS法による活断層調査への適用性について検討するため，岐阜県東部の阿寺断層地域を対象とした極微量メタンガス濃度測定を実施した．

２．測定概要

阿寺断層において，2台の可搬型測定装置（G4301およびG4302：米国Picarro社製）を用いて地表でのガス濃度測定を行った．両装置ともメタンガス濃度を3 ppbの精度で測定可能で，応答時間は1秒以下である．測定データはWi-Fiで無線接続されたタブレット上でリアルタイムに確認できる．

メタンガス測定は，中津川市田瀬の断層露頭および，同市付知町倉屋の阿寺断層崖周辺の2か所において実施した．露頭での測定の際は，円筒状のガス採取容器を地表に設置し内部のガスを吸引することにより，断層から放出されるメタンガスの濃度を測定した．一方，断層崖周辺では，車中に設置した2台の装置の各々の吸気チューブの先端を車外に出し，大気を吸引しながら低速（数km/h～30 km/h）で走行し，道路沿いの微量メタンガス濃度を連続測定した．一台の装置（G4302）にはGPSアンテナを取り付け，位置データを併せて取得した．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３．測定結果

露頭での測定により，20～30 ppmのメタンガスの放出が確認された．メタンガスは断層面沿いの断層ガウジの直上でのみ確認され，断層面から1m程度以上離れた場所では確認されなかった．すなわち，地中からのガス放出経路が断層面の極近傍に限られていることが明らかになった．一方，断層崖周辺での測定では，道路と断層崖が交差する互いに約1 km離れた2つの地点のみにおいて，メタンガスの明瞭なアノマリ（1.95～2.05 ppm）が確認された．測定地域のメタンガス濃度のバックグラウンドは1.85～1.88 ppm程度であり，約0.1ppm（100ppb）の濃度差は，装置の測定精度3 ppbと比較して明らかに有意な応答である．このアノマリは，それぞれの地点で断層崖をまたいで車で複数回通過する度に確認され，再現性のある結果であることが分かった．また，2台の装置とも同じ時刻で同様な測定結果が得られたことから，装置に起因するノイズではないことが確認された．

４．まとめ

阿寺断層露頭での測定により，断層面の極近傍からメタンガスが放出されていることが確認された．なお，黒澤ほか（2010, JAEA-Data/Code 2010-036）によっても阿寺断層におけるメタンガスの原位置測定が実施されており，場所によっては100 ppmを超える濃度も確認されている．一方，断層崖付近では，バックグラウンドと比較して0.1 ppm程度の濃度上昇が確認されたことから，大気により約1/1000程度に希釈されていると考えられる．このようなごく微量のメタンガス濃度の変化は，従来技術で捉えることは困難であり，CRDS法を用いた測定技術により初めて可能となった．今回用いたCRDS技術は，可搬型でかつリアルタイムでの測定が可能であるため，地表におけるガス濃度分布やその時間変化を容易に把握できる．今後，他の断層でもデータを蓄積することにより，測定結果の信頼性などの検証が必要であるが，今回の測定によりCRDS方式による微量ガスの測定技術が，地下流体の移動経路となっている活断層の分布を知る有用なアプローチの一つとなる可能性が示された．

本報告は，公益財団法人深田地質研究所の研究事業の一環として活動している「高精度微量ガス測定技術を用いた各種探査に関する研究委員会，委員長：徳永朋祥東京大学教授」の平成30年度成果の一部であり，委員の方々に謝意を表する．

キーワード：メタン、活断層、ガス移動、キャビティリングダウン分光法、調査、濃度測定
Keywords: Methane, Active fault, Gas Migration, Cavity Ring-Down Spectroscopy, Exploration, Concentration Measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠
Geomorphological evudence of a newly found active fault along the Shirakawa fault in western part Gifu Prefecture

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1]
*Yorihide Kohriya[1], Masashi Omata[1], Hiroshi Yokota[1]

1. 株式会社パスコ
1. PASCO CORPORATION

1.はじめに

近年，航空機を用いたレーザ計測（LP）の進展により詳細な地形DEMが作成され，様々な微地形が表現できるようになった．2008年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層については0.5mメッシュDEMにより国見山南麓に出現した断層トレースを詳細に表現した（丸山ほか2011）．山間地における断層トレースは植生の影響から写真からでは検出が難しく，LPによるDEMが有用な手法となっている．

本報告では岐阜県庄川村の庄川沿いに取得したLPデータを基に1mDEMを作成したところ，庄川断層帯白川断層の副断層として活動した可能性がある断層変位地形を新たに確認した．

使用したLPデータは，北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所において2016年に取得したものである．なお，LP計測と同時に撮影した写真からでは植生の影響によりこれらの地形を認識することは困難である．

2.断層変位地形の性状

調査地域の西側に位置する庄川沿いの木谷地区では白川断層のトレンチ調査が実施されている（杉山ほか1993）．木谷地区におけるトレンチ調査からは2,500y.B.P.以降に少なくとも1回の古地震イベントが確認されている．しかしながら，最新活動時期や繰り返し間隔は不明確なところが多い．

新たに発見した断層地形は岐阜県庄川村木谷東方に位置する庄川支流の野々俣谷右岸斜面で，地形の連続は長さ約1.3kmに達する．断層変位地形は西傾斜の山腹斜面に緩傾斜～逆向き崖が線状に確認された．鉛直成分は白川断層と同様に西側隆起で，地形断面から10～20m程度の隆起量が確認できる．断層変位地形を挟んで尾根に不明瞭ながらも左横ずれを読み取れる．

さらに断層地形の北側延長において山腹斜面頂部となる尾根に200m程度の左横ずれが認められ，この断層は繰り返し活動があるものと推定される．

断層地形の南部にはトレンチ調査に適した明瞭な逆向き崖や比較的広い緩傾斜面が分布している．

この地点は白川断層の主断層トレースとは異なり，河川運搬による粗粒堆積物の堆積がなく，削剥による地層の欠損が少ないことが想定され，白川断層の最新時期を特定できることが期待される．

【参考文献】

丸山 正・遠田晋次・吉見雅行・安藤亮輔・高田陽一郎・斎藤英二・林 舟・小俣雅志（2011）2008年岩手・宮城内陸地震に伴い岩手県奥州市国見山南麓に出現した地震断層北端部の性状．活断層研究, 34, 1-12.

杉山雄一・粟田泰夫・佃 栄吉（1993）1990年御母衣断層系・白川断層（木谷地区）トレンチ調査．活断層研究, 11, 65-70.

キーワード：白川断層、断層地形、DEM
Keywords: Shirakawa Fault, fault topography, Digital elevation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福井県北部、丹生山地周辺の活断層
Active faults around the Niu Mountains, northern part of Fukui Prefecture, Japan

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2]
*Masayoshi Tajikara[1], Takashi Nakata[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Hideaki Goto[2]

1. 公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2. 広島大学、3. 同志社大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Hiroshima University, 3. Doshisha University

丹生山地は福井県北部に位置する標高600m程度以下の中～低山性の山地で、西は日本海に面し、東は福井平野に接する。丹生山地西方の日本海沿岸海底には、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯が分布する（地震調査研究推進本部，2004；杉山ほか，2013）。丹生山地西部の日本海沿岸には海成段丘が発達し、北部ではそれらの海成段丘面を変位させる鮎川断層群が発達する。丹生山地の東部には、更毛断層、朝日断層、蝉口断層、鯖江断層、小曽原断層などの活断層が認定されている（活断層研究会編，1991など）が、それらの断層変位地形についての詳細な記載はなされていない。今回、空中写真および国土地理院5-10mDEM立体視画像の詳細な判読を行った結果、既報の活断層とは一部異なる位置形状が得られたので、その分布と断層変位地形について報告する。また、これらの活断層のテクトニックな意義について若干の考察を行う。

・鮎川断層群

丹生山地北部西縁海岸沿いの段丘面上に分布し、その多くは段丘面を逆向きに変位させている。長さ1km程度の短い断層トレース群からなる（太田，1973など）。今回の調査の結果、既報のトレース以外に数条の断層トレースが新たに認定された。

・更毛断層

更毛断層は、福井市下市町付近から西別所町付近へ至る、全体で長さ11.5kmほどの東北東－西南西方向に延びる活断層である（今泉ほか編，2018）。今回の調査の結果、西部で雁行する数条の断層トレースが新たに認定された。更毛より西方では数条の雁行する長さ3km程度の短い断層群からなるが、東方では1条のトレースとなる。断層トレースを横切る多くの河谷が右屈曲しており、断層の右横ずれ変位が推定される。また、本断層は丹生山地と南東の低地・丘陵地の境界に位置し、その境界が南向きの急崖をなしていること、急崖の北側斜面は比較的緩勾配であり、分水界沿いに風隙地形が多数発達することから、大局的にみて北西上がりの変位を持つと推定される。ただし、西部の平尾付近の2条のトレースは、志津川沿いの中位段丘面を逆向き（南上がり）に変位させており、副次的な断層と考えられる。

・朝日・蝉口断層

朝日・蝉口断層は既報（活断層研究会編，1991）では朝日断層、蝉口断層と別々の断層として記載されていたものであるが、今回の調査の結果、一連のトレースからなると判断されたため、一括して朝日・蝉口断層とした。本断層はほぼ南北走向、福井市御油付近から越前市小野町付近へと至る、長さ16kmほどの活断層である。断層変位地形は断層中央付近の越前町朝日～蝉口間で明瞭で、閉塞凹地状の小盆地、風隙、段丘面の撓曲変形、丘陵高度の不連続が認められる。中でも佐々生・蝉口付近の小盆地内の低位段丘面の撓曲崖は明瞭で、段丘面を西上がりに変位させていることは確実である。また、明瞭さでは劣るが、朝日付近の中位段丘面の撓曲変形は低位段丘よりも大きく、変位の累積性が認められる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・鯖江断層

鯖江断層は、福井市浅水町から鯖江市船津町へと至る、長さ約9kmのほぼ南北走向の断層である（見野，1986など）。今回の調査の結果は概ね既報と一致しているが、北端部と南端部で丘陵地の西縁が直線的な形態を示す区間を1kmほど延長した。人工改変が激しくやや不明瞭ではあるが、段丘面の東縁沿いに東向きの撓曲崖が発達することから、断層の西上がり変位が推定される。

・小曽原断層

小曽原断層は、越前町小曽原付近に発達する、北東－南西走向、長さ3km弱の活断層である。今回の調査の結果は既報（今泉ほか編，2018）と概ね一致する。小曽原付近の小盆地内にその南東縁が非常に直線的な高まりが北西流する小河川を堰き止めるように発達することから、断層の北西上がり変位が推定される。

テクトニックな意義

鮎川断層群は、北西海岸沿いの海底活断層（柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部）に非常に近接し、長さ1km程度の短い断層群であることから、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の一部をなす副断層と考えられる。更毛断層、小曽原断層、朝日・蝉口断層はいずれも（北）西上がり変位を持つことから、（北）西傾斜を持つと考えられる。これらの断層と柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部との距離は6-16kmほどであり、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部が東傾斜とされている（地震調査研究推進本部，2004）ことから、両者は地下で収斂している可能性がある。断層深部の傾斜角が不明であるため明確ではないが、反射法探査などにより断層の傾斜角を明らかにし、これらの断層の関係を明らかにすることが望まれる。鯖江断層も西上がり変位を持つことから、西傾斜の断層と考えられるが、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯とは20km程度離れており、独立のものと考えられる。

本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：丹生山地、活断層、更毛断層、蝉口断層、朝日断層
Keywords: Niu Mountains, active fault, Sarage fault, Semiguchi fault, Asahi fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

濃尾地震の被害から検証する岐阜一一宮線
Gifu-Ichinomiya Fault shown from the characteristics of the damage of the Nobi earthquake

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2]
*Nobuhisa Matsuta[1,2], Fumiaki KIMATA[2]

1. 岡山大学大学院教育学研究科、2. 東濃地震科学研究所
1. Okayama University Graduate School of Education, 2. Tono Research Institute of Earthquake Science

地震時に出現する地表地震断層の断層運動が建物被害に与える影響は未だに十分に解明されたとは言えない．2016年熊本地震でにおいて周期3秒の大きな揺れ幅を持つパルス状の地震動が観測され、建物に被害が生じた。鈴木ほか（2018)は，益城町において地表地震断層から 120m 以内の範囲に 全壊家屋の 94%が集中し，その範囲内においても断層に近づくほど被害率が上昇しているとし，地表地震断層 に沿って極めて強い震動が発生し，局所的に激しい建物倒壊を招いたとしている．このような現象は地表地震断層全域でみられるわけではないことから，断層浅部での被害につながる地震動の原因を究明することは包括的な新たな強振動モデルを作るうえで重要だと思われる．

過去に発生した地震において地表地震断層が出現した地震で家屋に対して多くの犠牲者が出る。三河地震や北丹後地震などで犠牲者数と全壊家屋数の比をとると、地表地震断層のごく近傍では一軒当たり複数の犠牲者が出る家屋が集中するという特徴がある。その理由は不明であるが、地表地震断層極近傍において被害を拡大させる自然現象が存在することが示唆される。

このことは、観測記録のない歴史地震の被害の特徴を分析することで、自然現象としての地震を評価できる可能性を示しており、犠牲者数と全壊家屋数の比が地表地震断層の出現を判断する指標となると考えた。

濃尾地震は1891年10月28日6時38分に発生した地震で、震源は岐阜県本巣郡西根尾村（現在の本巣市）付近とされるマグニチュ ード8.0の地震である．この地震により北北西一南南東走向に約76kmにわたり，根尾谷断層，梅原断層，温水断層などで地表地震断層が出現した．この地震は被害の集中域は根尾谷断層から梅原断層にかけての断層沿いのほか、平野部に3列確認することができ、その中でも、地震前後の水準測量の改測結果から１ｍ余りの緩やかな地殻変動（東側0.7mの隆起、西側0.3mの沈降）が認められた岐阜一一宮線は地表地震断層が出現した可能性を指摘されている。しかし、その有無は多くの地下構造調査を経ても結論が出ていない。

そこで、岐阜県岐阜測候所（1892）および愛知県警察部（1892）のデータの市町村データをもとに全壊家屋数と全戸数の比および犠牲者数と全壊家屋数の比をもとに濃尾平野内の地表地震断層の有無について検討した。

その結果、全壊家屋数の全戸数の比である倒壊率は根尾谷断層沿いで大きな値を示すこと、本巣から安八の揖斐川・長良川に沿った地域、羽島市から笠松にかけての地域、木曽川左岸の岐南市付近などで100%の倒壊率を示す。推定される岐阜一一宮線付近では値は高いものの、それを境に倒壊率が下がる。また、梅原断層の出現した地域では周辺と比較して倒壊率が高いことが確認できる。それに対して、犬山市、江南市、小牧市などでは倒壊率は低く、東側に急激に被害が小さくなる。

全壊家屋数と犠牲者数の比では、その値が大きい地域は根尾谷断層周辺と、縁辺部である。また岐阜から一宮にかけての区間も比較的高い地域となり、全壊率で高い値だった西側の地域の値はそれほど高くはない。た

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

だし、被害地域の縁辺部ではその値が高い地域がみられる。これは全壊家屋数も犠牲者も少なく、たまたま1－2人が犠牲になったため高い値を示している。また、火災が発生した地域ではこの値は大きくなるが、岐阜一一宮線に沿った被害をすべて火災で説明することには無理がある。

これらの結果から、岐阜一一宮線に沿って地表地震断層を伴う地殻変動があった可能性が高いといえる。

キーワード：濃尾地震、岐阜一一宮線、地表地震断層、全壊家屋、犠牲者
Keywords: Nobi earthquake, Gifu-Ichinomiya line, surface rupture, completely destroyed house, victim

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明

Electrical resistivity structure from the surface to the seismogenic zone below the Gomura fault zone, Kyoto, Southwest Japan

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4]
*Satoru Yamaguchi[1], Akira Mimura[1], Kazuki Fukue[1], Shigehiro Katoh[2], Hideki Murakami[3], Makoto Uyeshima[4]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 兵庫県立人と自然の博物館、3. 高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4. 東京大学地震研究所
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, 3. Science and Technology Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

活断層の性状・活動性を明らかにするためには，これらの地表形状のみならず地下構造を明らかにすることも重要である．そのための地球物理学的手法の一つに地磁気地電流法（Magnetotelluric method；MT法）がある．これは，活断層直下および近傍で見いだされる特徴的な比抵抗構造に注目し，それらから断層の地下構造を求める手法であり，これまでにも，多くの断層系に対して広帯域MT法（Wideband MT method；WBMT法）を用いた調査が行われてきた（例えば，Yoshimura et al., 2009）．しかし，この手法では，信号として用いる電磁場変動の周波数帯は広いものの，比較的低い周波数帯域の信号を用いているので深部までの探査が可能であるものの，浅部の空間分解能が悪いとの弱点がある．

活断層を対象として，地形学・地質学的手法を用いた研究が精力的に行われてきており，数多くの成果が挙げられている．これらの成果と地下比抵抗構造の成果を有機的につなげるためには，地下浅部（地表～深さ数km程度）の構造が重要であり，このような深度に対して，地形学・地質学的手法による成果との対比可能な空間分解能を持つMT手法としてAudio-frequency MT法（AMT法）がある．

本研究では，活断層の地下浅部から深部までの連続的な構造（特に浅部では高解像度の構造）の解明を目的とし，京都府の丹後半島に位置する郷村断層帯においてAMT法調査とWBMT法調査の両方を同一測線上で行い，地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明を行った．

郷村断層帯は京都府の丹後半島に位置する活断層帯で，陸上部は郷西方断層，郷村断層，仲禅寺断層の3つの断層で構成される．郷西方断層は断層長が2.8kmと非常に短く，横ずれ変位を示す地形も不明瞭である．郷村断層では1927年の北丹後地震の際に左横ずれを主とする顕著な地表地震断層が生じた．一方，仲禅寺断層では明瞭な河谷の左横ずれ屈曲が認められるものの，北丹後地震の際には活動しなかった．このように郷村断層帯では断層長，平均変位速度，最新活動時期など断層運動の特性が異なる断層が数km以内に近接し，並行して存在している．さらに郷村断層帯周辺は，ほとんどが花崗岩の岩盤からなり地質構造は一様で単純であるため，断層の地下構造と断層の特性を比較するのに好適である．

観　測

郷村断層帯周辺では2013年，2016年にAMT法調査が行われている（山口ほか，2016；三村ほか，2017）．本研究ではこれら調査測線と同じ測線上において．WBMT法調査ではおよそ等間隔になるように7点の観測点を，AMT法調査では過去の観測点を補間するように2点の観測点を配置した．AMT法調査の観測点数は先行研究と合わせ合計27点である．

解　析

AMT法，WBMT法調査のデータ解析は，ともにRemote reference法（Gamble et al., 1978）に基づいてMT応答関数を算出した．両調査において周波数選択を行ったのち次元の判定を行い，AMT法調査では2次元の，WBMT法調査では3次元のモデル計算を行った．AMT法，WBMT法調査のモデル計算にはそれぞれOgawa and Uchida (1996)，WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005) のインバージョンコードを使用した．

AMT法，WBMT法調査の解析の結果得られたモデルをそれぞれ浅部モデル，深部モデルと呼ぶ．な

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

お，WBMT法調査の解析では3次元のモデル計算を行ったが，観測点は一本の直線上にしか配置していないため，測線に沿った鉛直断面についてのみ議論する．

結果と考察

郷村断層の直下には，浅部と深部の両方に低比抵抗領域が存在する．これらの領域は断層運動によって生じた空隙に流体が浸入したことによって生じた領域であると考えられる．それぞれの領域は中深度（深さ2～5km程度）では連続していないことから浅部の低比抵抗領域は地表付近の地下水が浸入したことによって，また，深部の低比抵抗領域は深部から流体が上昇してきたことによって生じたと解釈した．

郷村断層の断層面は郷村断層の地表位置，浅部の低比抵抗領域，深部の低比抵抗領域および1927年の北丹後地震の震源位置を通ると判断して断層面を推定した．この断層面は震源が集中している領域を通っており，震源分布とも整合的である．

キーワード：郷村断層、電気伝導度、活断層、地磁気地電流法
Keywords: Gomura fault, Electrical conductivity, active fault, Magnetotellurics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈
Re-analysis and re-interpretation of the very shallow land seismic reflection survey data across the Naruto-South fault, north side of Tokushima Plain.

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1]
*Kobayashi Takayuki[1], Dai Nobuoka[2], Tomio Inazaki[1]

1. 土木研究所、2. 応用地質株式会社
1. Public Works Research Institute Japan, 2. OYO Corporation

活断層評価を精度よく実施することは、地震災害の長期予測や被害予測を行う上で非常に重要である。活断層評価を精度よく実施するためには、活断層の位置や状態、活動歴をより正確に把握することは重要であり、様々な調査が複合的に行われる。一般的に活断層調査では、ボーリング調査やトレンチ調査等も行われるが、これらの調査結果は一次元的であったり、または調査範囲が極浅層部に限られたりと活断層評価を広く精度よく実施するには十分とは言い難い。一方、浅層反射法地震探査は、地下の状態を非破壊で連続的に捉えることができるため、有用な手法な一つとなっている。筆者らは、徳島県に分布する鳴門南断層を対象とし1998年に取得されたＳ波浅層反射法データについて再解析および再解釈を行った。なお、再解析に使用したデータは、測線長100ｍ、受振点間隔0.5m、起振点間隔1.0mであり、振動源にはＳ波ポータブルバイブレーターを用いた。本発表では、これらの再解析および再解釈によって得られた、鳴門南断層の活動歴を紹介する。再解析では、当時得られたデータを使用し、現在のコンピュータ技術を使うことにより、深度50ｍまでの従来に比べてより詳細な地下構造を得ることができた。また従来の解析結果に比べ断層位置をより鮮明に捉えることができ、断層位置を詳しく特定することができた。断層の上端はおよそ15ｍであり、測定深度下部までおよそ70度のみかけ傾斜で分布する構造が得られた。また、断層周辺の撓曲などといった地質構造なども捉えられ、より詳細な地質構造を得ることができた。その後に実施されたボーリング試料分析などの結果を用いて再解釈を行い、活断層の活動履歴を明らかにすることができた。再解釈結果より、鳴門南断層は、現在までに大きな変動を３回起こしていると推定できる。また、最大変位量は、およそ14.4ｍで、変位速度は年間当たり1.77mmと推定される。本研究は「平成9年度文部科学省研究費補助金（基盤研究（１）（Ａ））〔内陸活断層の地震危険度評価〕（課題番号：07308035）」の一部を使用した。

キーワード：活断層、反射法地震探査
Keywords: Active fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

Bathymetric mapping and seafloor imaging for finding historical records of Nankai earthquakes at Nomi bay in Susaki city, Kochi Prefecture, Japan

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5]
*Wataru Tanikawa[1], Masafumi MURAYAMA[2], Hidekazu Tokuyama[3], Kouki Tanaka[4], Akira Ijiri[1], Tatsuhiko Hoshino[1], Takehiro Hirose[1], Kazuya Kitada[5], Toshiya Fujiwara[5]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 高知大学　農林海洋科学部、3. 高知大学　海洋コア総合研究センター、4. 高知大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research, 2. Kochi Univerisity, Faculty of Agriculture and Marine Science, 3. Kochi Univerisity, Center for Advanced Marine Core Research , 4. Kochi Univerisity, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

高知県須崎市野見湾沿岸地域では、「黒田郡」もしくは「野見千軒」「大谷千軒」と呼ばれる白鳳地震（684年）によって沈んだ集落の伝承が残されている。また、野見湾海底において井戸の目撃情報が時々報告されている。しかし、井戸や沈んだ集落の痕跡となる正確な記録や科学的な調査がほとんど実施されていない。そこで本研究では、井戸の目撃情報がある須崎市戸島北東部と大谷地区南部の海底を対象に人工物の痕跡調査を実施した。

本調査は高知大学の実習調査船「ネプチューン」により、サイドスキャンソナーを用いた海底地形調査と海底表層イメージ調査、サブボトム・プロファイラを用いた海底下構造調査、および360°水中カメラを用いた海底観察を実施した。

海底地形調査の結果、戸島北東部に戸島の陸上地形を延長する形で200m×300mほどの平坦な台地地形が認められた。さらに海底台地は水深10m付近で広がっており、辺縁部から急激に水深が深くなることがわかった。重力式コアラーにより採取した海底表層試料と水中カメラ画像の観察結果から、台地は固い砂質堆積物と円礫が散在していた。一方、台地から外れた水深が深い地点では軟泥が厚く堆積していることがわかった。サブボトム・プロファイラ調査では海底下に埋没している人工物は認められなかった。サイドスキャンのモザイク図で認められた特異な画像パターンについて、潜水調査により海底表層環境を目視確認した。その結果、一部の特異な画像バターンは人工物（たこつぼ・ビニルシート）であることが確認できた。しかし、モザイク図、水中カメラ映像、サブボトム画像のいずれのデータにおいても井戸は確認できなかった。
海底の台地地形は旧海食台の可能性を示唆しており、下村（1980）は白鳳地震時の沈降によるものだと結論づけている。一方、井戸の目撃情報がある地点付近では、円礫が円環状に並べられた構造が確認できた。そのため、井戸と伝えられていたものはこの円礫群であった可能性がある。今後、海底台地表層の堆積物の年代分析などから、地震性沈降履歴を明らかにしていきたい。また、本発表では2019年3月に実施する浦ノ内湾の調査結果の速報も報告する。

キーワード：地震性沈降、黒田郡、海食台、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラー
Keywords: coseismic subsidence, Kuroda-gori, submarine plateaus, side scan sonnar , sub-bottom profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－
Tectonic geomorphological and paleoseismological study in the Anoriguchi Canyon: Foraminiferal analysis and ^{14}C dating

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3]
*Nobuhiko Sugito[1], Masao Iwai[2], Hitomi Wakaki-Uchimura[2], Hiroki Matsui[2], Yasuhiro Suzuki[3]

1. 法政大学人間環境学部、2. 高知大学海洋コア総合研究センター、3. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Faculty of Sustainability Studies, Hosei University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

南海トラフの海溝軸～陸棚斜面付近には海底活断層が多数分布している．これらの海底活断層の位置形状や活動履歴は，南海トラフにおける歴史地震の発生源の解明や地震発生予測において重要な意義を有すると考えられる．発表者らはこうした観点から，変動地形学的・古地震学的手法を用いて海底活断層の位置形状や活動履歴を解明するフィージビリティ調査を，2016年度より安乗口海底谷を対象として実施してきた（杉戸ほか，2018）．

今回，安乗口海底谷にて採取されたCORE 03（コア長1.2 m）から1 cm単位で採取した31試料（泥層）について，堆積物の移動評価のための底生有孔虫群集概査分析，放射性炭素年代測定に向けた浮遊性有孔虫分析を実施した．有孔虫は0.18–0.25 mm径の個体と0.25 mm径以上の個体に分けて抽出した．年代測定では浮遊性有孔虫を必要重量確保するため，0.18 mm径以上の個体，および近隣層準をまとめ，7点の試料を得た．なお，浮遊性有孔虫の主要種は，*Neogloboquadrina dutertrei*，*Globigerina bulloides*，*Globigerinoides ruber*（表層：水深0–100 m），*Globorotalia inflata*（亜表層：100–200 m）であり（不整合面より下位においては*G. bulloides*の割合が減少し*Neogloboquadrina incompta*（表層）が増加する傾向），海洋表層環境を示唆している．

年代測定の結果，CORE 03の深度0.81 mに認められる不整合面について，その形成時期が，不整合面より上位の地層の堆積速度（6点の年代値に基づく）との関係から，約10,030 cal BPと推定された．不整合面の下位からは32,140 ±140 yr BPの年代値が得られた．

不整合面より下位の層準に含まれる有孔虫は着色個体が多く，再堆積の可能性が考えられる．底生有孔虫群集概査分析では，不整合面の下位において浅海性の底生有孔虫（*Ammonia* sp.など）が少量ながら見出され，浅海性堆積物が移動して来やすい環境にあったと推定される．これらの観察事実および解釈は，上記の年代値から推定される海水準および堆積環境と調和的である．

海底谷中には，北側隆起・比高約10 mの断層変位地形が認められ，この不整合面の形成後に発達した可能性が指摘されている（杉戸ほか，2018）．その場合，この海底活断層は約1万年前以降，1回あるいは複数回の活動によって上下方向に約10 m変位したと見積もられる．海溝軸と比べて陸域に近く，発生した津波はわずかな時間で沿岸に到達したと推定される．なお，この海底活断層は地形学的にみて上下変位のみではなく右横ずれ変位を起こしており，実変位量の推定には，横ずれ量，また断層面の傾斜を解明する必要がある．

このように，詳細な海底地形データによって海底活断層の位置形状が詳しく把握され，かつ試料の取得・分析によって活動履歴が具体的に推定される．歴史地震の発生源の解明や地震発生予測に関し，変動地形学的・古地震学的手法を用いた調査の有効性が例証された．

＜謝辞＞
コア分析・保管は高知大学海洋コア総合研究センターにて行い（共同利用・共同研究採択課題16B070・17A030・17B030・18A027・18B025），松崎琢也氏をはじめスタッフ一同にお世話になった．放射性炭素年代測定は株式会社加速器分析研究所にご実施いただいた．後藤秀昭氏（広島大学）からは本予稿に関し有益なコメントを頂戴した．本研究はMEXT「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」およびJSPS科研費（15H02959）の支援を受けた．以上，記して感謝申し上げます．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＜文献＞
杉戸ほか，2018，日本地質学会第125年学術大会（つくば特別大会），R8-P-7.

キーワード：海底活断層、マルチビーム音響測深、ピストンコアリング、有孔虫群集、断層変位地形、南海トラフ
Keywords: Submarine active fault, Multi-beam echo sounding, Piston coring, Foraminiferal assemblage, Fault-related landform, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査
Subsurface survey around the Matoishi-bokujo 1 Fault in the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3]
*Takayuki Nakano[1], Hiroshi Une[1], Hiroshi, P. Sato[2], Keitaro Komura[3]

1. 国土交通省国土地理院、2. 日本大学、3. 電力中央研究所
1. GSI of Japan, 2. Nihon Univ., 3. CRIEPI

１．はじめに

平成28年（2016年）熊本地震（Mj 7.3）では，阿蘇外輪山北西部において多数の線状の地表変位が干渉SARにより検出され（Fujiwara et al., 2016），本震に伴って副次的に変位したと考えられる．その多くは既知の活断層に沿って現れ，そのうちの的石牧場Ｉ断層においてそのメカニズム解明に向けた詳細な地形・地質調査を実施している（宇根ほか，2018；Nakano et al., 2018など）．本発表では，的石牧場Ｉ断層周辺の地形発達史を明らかにするために実施した地形・地質調査及びGPR（Ground Penetrating Radar）による浅部地下構造探査結果を報告する．

２．結果と考察

的石牧場Ｉ断層の断層崖脚部で実施したトレンチ調査により，深いところではGL-3.5m（標高約917.4m），浅いところではGL-0.3m（標高約921.6m）付近でAso-4火砕流堆積物（89ka）とみられる白色の火山砕屑物が確認されている（宇根ほか，2018）．また，周辺の地形・地質調査により，断層北側の渓床（標高約917.8m）や断層南側の丘陵地内のガリ床（標高約935.0m）でもAso-4火砕流堆積物とみられる白色火山砕屑物が確認できた．さらにサイト東方においては，この地域の代表的な堆積構造を示すと考えられる露頭を確認し，Aso-4火砕流堆積物の上位には複数枚のテフラ層を挟む黒ボク及びローム層が厚さ5m程度堆積していた．的石牧場Ｉ断層を横断する測線で実施したGPR探査（Sensors & Software社製Noggin Plus，アンテナ中心周波数250MHz）では，断層の南側（正断層の上盤側）のGL-2～-4m（標高約915～917m）付近に明瞭なエコーがみられたが，これはこれまでのトレンチ調査や断層南側の水路での地質調査から，地表下の黒ボク層の下位に存在するローム層の上面またはそれを覆う河床礫層を捉えたものと考えられる．断層の北側（正断層の下盤側）ではGL-1～-1.5m（標高約930.5～931m）以深でレーダ波のエコーが急激に減衰しており，上位層よりも比誘電率が大きい地層の存在が示唆されるとともに，GL-4～-5m（標高約927～928m）付近に弱いエコーがみられ，その連続性からAso-4火砕流堆積物の上面を捉えた可能性がある．これらの結果を考慮すると，Aso-4火砕流堆積物上面の形状は概ね現地形に類似しているが，断層南側ではGL-5m以深に，断層北側ではGL-4～-5m付近に存在し，断層を挟むその比高差は約13m以上と推定され，これが約9万年間の的石牧場Ｉ断層の見かけ鉛直変位量と考えられる．

３．まとめと課題

熊本地震に伴い副次的に変位した的石牧場Ｉ断層周辺において，地形・地質調査及び浅部地下構造調査を実施した結果，地下浅部構造の推定とAso-4火砕流堆積面の見かけ変位量を推定できた．今後はパーカッションボーリングの結果も参照し，GPR探査結果をより詳細に分析・解釈する予定である．

謝辞：本研究で使用したGPR探査装置は，名古屋大学の鈴木康弘教授よりお借りしました．本研究の一部は，JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の助成を受けたものです．ここに記して感謝申し上げます．

引用文献：

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fujiwara et al. (2016): Small displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry. Earth, Planets and Space, 68:160.

Nakano et al. (2018): Geomorphological and geological characteristics of triggered surface faults associated with 2016 Kumamoto Earthquake sequence around the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan, AGU Fall Meeting 2018.

宇根ほか（2018）：阿蘇外輪山北西部・的石牧場Ｉ断層の活動履歴．日本活断層学会2018年度秋季学術大会．

キーワード：的石牧場Ｉ断層、GPR探査、地形・地質調査、トレンチ調査、2016年熊本地震
Keywords: Matoishi-bokujo 1 Fault, GPR survey, topographical and geological investigation, trenching survey, the 2016 Kumamoto Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

Past activity of 'triggered fault' in the northwest of outer rim of Aso caldera estimated from the results of excurvation survey and displacement topography

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4]
*Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi, P. Sato[2], Hiroshi YAGI[3], Keitaro Komura[4]

1. 国土地理院、2. 日本大学、3. 山形大学、4. 電力中央研究所
1. Geospatial Information Authority of Japan, 2. Nihon University, 3. Yamagata University, 4. Central Research Institute of Electric Power Industry

阿蘇外輪山北西部の平成28年熊本地震に伴う「お付き合い断層」のうち，既存の変位地形が明瞭で，SARで明瞭な位相不連続が現れ，現地でも地表変位が確認された的石牧場Ｉ断層（鈴木ほか2017）について，ピット調査，地中レーダ(GPR)探査，簡易ボーリング調査などの地形地質的調査を実施し，活動履歴について考察した。ピット調査では，断層崖基部を最大深さ4m程度掘削し，壁面の観察を行った。壁面基部には白色のAso-4火砕流堆積物が現れ，その直上をピット谷側においては中砂や円礫の小礫からなる河成堆積物や亜角礫からなる土石流性の堆積物が覆い、ピット山側においては角礫を伴う茶褐色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。それらの上位を角礫を伴い，あるいは角礫に乏しい黒色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。これらの地層の変位や礫の回転などを伴う少なくとも２条の断層が現れた。この周辺にはAso-4火砕流の堆積面とされる小起伏の地形が拡がっており，地表下数mの比較的浅い位置にAso-4火砕流堆積物が観察されることから，壁面基部のAso-4上面は火砕流到来時（約9万年前）の堆積面の不整合面を示していると考えられる。ピット調査や簡易ボーリング調査から，白色層上面は南から北に断層崖に向かって緩やかに高度を下げ，断層崖で約10m高度を上げていると推定され，地形及びSARによる上下変位パターンと整合的である。壁面から採取された土壌（黒ボク）の^{14}C年代測定結果をもとにイベントを考えると，約3,500～約3,400年前に山側からの斜面性堆積物が谷側の河成堆積物を被覆するような断層運動が１回あり，次に，約3,500～約2,000年前あるいはこれよりも新しい時代に２条の断層を生じさせるような断層運動がもう１回あって，上位の斜面性堆積物よりも下位の斜面性堆積物のほうが経験したイベントの数が多い（変位量が２倍程度多い）ことを示唆している。このことは，今回のような変位の累積が的石牧場Ｉ断層の断層崖を形成したことを示唆している。

謝辞：本研究は JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の一部を使用しました。だいち2号（ALOS-2）データの所有権は宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。現地調査及び資料の解析に当たって，千葉大学大学院理学研究科金田研究室及び日本大学理工学研究科地理学専攻の学生諸氏に多大なる協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：熊本地震、干渉SAR、地震断層、お付き合い断層、累積性
Keywords: Kumamoto Earthquake, SAR Interferometry, surface rupture, triggered fault, cumulativeness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

Visualization of three-dimensional SAR analysis data by stereo isogram map: Precise detection of surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*粟田 泰夫[1]
*Yasuo Awata[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

測地技術の進歩は，地殻変動を数cmから数mまでの広いダイナミックレンジで面的に捉えることを可能にしている．とりわけ，衛星搭載の合成開口レーダ（SAR）による観測は，干渉解析（InSAR）および3次元解析による地震断層の高精細な検出を可能にし，従来の地表踏査による地震断層等の調査手法に大きな変革をもたらしつつある．ここでは，小林（2017）による2016年熊本地震に伴う地殻変動の3次元SAR解析データを用いて，広域の変動を精細かつ効率的に目視抽出するための可視化を試みた．

3次元SARデータの高解像度・高ダイナミックレンジ画像への可視化には，粟田（2017）によるステレオ等高線地形解析図による高解像度DEMの可視化手法を適用した．使用したデータは，東西・南北の水平2成分と上下成分の合計３成分に分割されたものであり、各成分のデータは位置情報と一つの変動値のみから構成される．それらの変動値をDEMの可視化における標高値と置き換えて，解析精度の限界まで表現する稠密な等値線図を作成した．精度が高い東西および上下成分の画像においては，データがもつ変動の解像度と同じ1cmまでの精細な間隔の等値線を実用的に描くことができた．また，複雑でダイナミックレンジの大きな地表変動の判読を容易にするために，微細なレンジを強調した段彩を施すとともに，画像を立体視が可能なアナグリフに加工した．なお，解像度が低い南北成分については，等高線間隔10-20cmの画像が実用限界であった．

等値線間隔1cmの画像による判読では，変位量が大きな主断層帯（布田川・出ノ口および高木地震断層）およびそれらに伴う広域変動とともに，その周辺の約50km四方に分布する多くの小規模な地震断層を検出することができた．このうち，小規模な地震断層の検出結果は，空間解像度が1桁高いとされるInSAR画像に基づいたFijiwara et al.（2016）の判読結果と概ね整合的であった．また，等値線図の判読および断面図での計測によれば，東西および南北成分の変位量が5cm程度までの断層については容易に抽出が可能であった．さらに，広域変動が小さかった熊本市街地においては変位量2cmまでのごく小規模な断層を目視判読することもできた．判読結果に基づいて実施した現地調査では，変位量5cm程度の断層については，ガードレールや縁石などの道路構造物や，家屋の基礎，コンクリート構造物などの変形や破断として断層の確認と変位量の計測が可能であった．

文献：
粟田泰夫（2017）活断層・古地震研究報告, 17, 117-136.
小林知勝（2017）2016年熊本地震被害調査報告書，地震被害調査シリーズ, 1, 28-34.
Fujiwara, S. et al.（2016）Earth, Planets and Space, 68:160.

キーワード：三次元SAR、ステレオ等値線図、2016年熊本地震、地震断層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 3D-SAR, stereo isogram map, 2016 Kumamoto earthquake sequence, surface rupture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作
Preliminary active fault mapping of Mongolia by interpretation of ALOS 30 DEM image

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3]
*Takashi Nakata[1], Yasuhiro Suzuki[2], Mitsuhisa Watanabe[3]

1. 広島大学、2. 名古屋大学、3. 東洋大学
1. Hiroshima University, 2. Nagoya University, 3. Toyo University

発表者らは，「アジアのデジタル活断層マップ」作成のための調査・研究プロジェクトを立ち上げた．アジア全域の広範な地域の活断層を５年間で効率的に判読するために，ALOS 30 DSMから作成したアナグリフ画像をGoogle Earthに取り込んで判読した．さらに，判読した活断層線や関連情報をGoogle Earthの描画機能（線（パス）やポイント（目印））活用して直接マッピングを行った．また，アナグリフ画像の透過度を変えてGoogle Earthの画像をもとに修正作業を行い，活断層のより詳細な位置・形状情報を整備する手法を採用した（中田他,2019）．まず，このマッピング手法の有効性や問題点を検討する草地や乾燥した無植生地域が広いモンゴルを事例に広域活断層図を試作している．

ALOS 30 DSMは，JAXAが2006-2011年にかけて「だいち」で取得したデータをもとに作成された水平解像度30m相当のDEMデータセットで，１度×1度単位を１タイルとして提供されている．本研究では地形表現に適した中央値データを，Mac用のフリーソフト(Simple DEM Viewer)を用いて５度×５度の範囲のアナグリフ画像を作成した．その際，低断層崖などの細かな変位地形を認識しやすくするために地形をグレイスケールの傾斜角で表現した．また，メッシュ解像度以上に拡大して観察するために，画像サイズは200%のサイズの画像を作成した．画像はワールドファイルとともに保存し，GIS等でも閲覧できるようにした．

ALOS 30 DEM画像を用いて詳細かつ効率的に広域の活断層判読を行うために，Map Tiler Pro (Klokan Technologies)を使ってアナグリフ画像をkmlファイルに変換してGoogle Earthに重ねて地形を観察する手法（後藤，2015）によって活断層判読を行うことにした．この手法では，ALOS 30アナグリフ画像で判読した活断層を，透過度調整機能を使ってGoogle Earthの拡大した画像上で参照し，それらの位置や形状を詳細に把握することが可能となる．さらに，Google Earthの描画機能を用いて活断層線を詳細な画像に直接記入し，それらの属性情報を「説明」として記録した（中田ほか，2019).

モンゴルは西部を中心に長大な活断層が数多く存在し，20世紀に入っても巨大地震の発生している Baljinnyam et al (1993)．1905年のTsetserleg地震（Ms 8.2) では，左横ずれ2.5m 上下変位2mに達する長さ130kmの地震断層が出現した． また1905年のBulnay地震(Ms 8.3) では，内陸地震としては最大とされる長さ375kmの地震断層が出現し，左横ずれ5-10mの大きな断層変位が詳しく調査・記録された(Rizza et al., 2015など）．1957年Gobi-Altai地震(Ms 8.3)ではGurvan Bogd断層系の一部が活動し，左横ずれ7mを伴う長さ250kmの地震断層が現れた．さらに，1967年には中部においてMogod地震（Mw 7.0) が発生し，南北性の長さ45kmの右横ずれ断層が出現した．これらの地震断層については現地調査が行われており，これに関連する活断層の詳細な分布が明らかにされている．これら以外の西部のごく一部の活断層については，SPOT 5画像を用いたNissen(2008)などの詳しい報告がある．また，首都のウランバートル周辺の活断層についてSchlupp et al. (2010)などの一連の報告がある．しかしながら，長大な活断層の存在が推定されているGobi-Altai 山脈やHangay山地周辺の活断層をはじめモンゴル全域の活断層分布の詳細は十分に解明されているとは言えない．

上述の報告者らの手法は，Bulnay断層などの顕著な地震断層において断層変位地形を詳細に認定することができることを確認した．また，これまで西部においてSRTMやGoogle Earthなどの2D画像を用いて明瞭な地形境界や地質断層に沿って認定されていた長大な活断層の存否を再確認するとともに，扇状地などを変位させた断層変位地形をもとに新たに活断層を認定した．また，それ以外の中部や東部においても新たに活断層を認定し，その詳細な位置・形状をもとに活断層図を試作した．今後，これらの活断層については，空中写真やCORONA衛星画像の判読や現地調査を行い，モンゴル全域の活断層図の完成を目指したい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：モンゴル、活断層、ALOS 30
Keywords: Mongolia, active fault, ALOS 30

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出
Ground penetrating radar profiling across the Sanchiao fault in northeast Taiwan

*中村 衛[1]、陳 浩維[2]
*Mamoru Nakamura[1], How-wei Chen[2]

1. 琉球大学理学部、2. 国立中央大学
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. National Central University, Taiwan

1867年12月18日、台湾北東部で基隆地震が発生した。台湾北東部の金山市街地近傍では震度7相当（台湾中央気象局の震度階級）の揺れに見舞われた。また台湾北東海岸には遡上高6mの津波が襲来した。文献記録に残された当時の被害状況から震度分布および津波遡上高分布が推定されている。それらによると、この地震津波は台湾北東部から海域に北東方向に伸びる山脚断層の海域延長部で発生した可能性が指摘されている（Cheng et al., 2016 TAO）。山脚断層は台北市南部から金山を通る長さ約53kmの正断層である（Shyu et al., 2015 TAO）。地形調査、ボーリング探査および反射法探査の結果から、山脚断層は金山市街地の北側を山麓に沿って通っていると推定されている。しかし、山脚断層の陸域部分が1867年のときに活動したかどうかはわかっていない。そこで地中レーダ（Ground Penetrating Radar: GPR）を用いた地下構造探査を実施し、断層位置の検出を試みた。

調査は金山市街地の北側に位置する海岸砂丘で実施した。砂丘は海岸に沿って北西ー南東方向に伸びている。山脚断層はこの砂丘を直交するように切って通っている。GPR測線は、砂丘の走向と平行方向に、かつ断層の推定位置を通る長い測線と、それと直交方向の砂丘を切る短い測線の２種類を配置した。調査は2017年8月15日から17日および2018年8月16日から20日に実施した。測線は砂丘に平行な方向に3測線、および砂丘に直交する方向に２測線設定した。使用した機器はSensors & Software Inc.のpulseEKKOである。探査に使用した電磁波の周波数は50 MHZ, 100MHzおよび250MHzの３種類である。周波数50MHzと100MHzのとき、砂丘に平行な測線では深さ約6mまでイメージングされている。

金山北部の海岸に平行な測線の深さ約1mで、顕著な反射層が見られた。この反射層は、ボーリング調査で推定された山脚断層の位置に近いところで北西側が1～3m低くなっていた。しかしこの変位は山脚断層の変位（南東側に傾斜した正断層）とは逆である。このことから、山脚断層から分岐した断層（反射法探査に現れている）による変形を捉えた可能性があると考えた。

キーワード：活断層、1867年基隆地震、地中レーダ
Keywords: active fault, 1867 Keelung earthquake, Ground Penetrating Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1], J Bruce H Shyu[1], Yuan-Lu Tsai[1], Chuan-Chou Shen[1]

1. National Taiwan University

In the southernmost part of Taiwan, the Western Hengchun Tableland is a prominent topographic feature, with several steps of late Pleistocene uplifted marine terraces forming the top of the tableland, and uplifted Holocene coral reefs along the coast. To interpret the formation of this tableland, an inferred Hengchun offshore structure has been proposed as an active structure located offshore to the tableland’ s west. The uplift and the eastward tilting of the tableland are therefore produced by neotectonic activities of this structure. However, the presence of this structure is still debated, and no record of paleo-earthquakes related to this structure has been identified. To solve this, we utilized fossil coral microatolls as paleo-sea-level indicators to identify possible paleo-earthquake records produced by this structure. The highest level of survival (HLS) of corals is limited by the low tide level. Once living corals grow to this level, the upward growth will stop and they will grow outward instead, forming microatoll morphology with a flat top surface. This makes microatolls great tools to record local sea level history. If microatolls were uplifted and killed by co-seismic uplift, the elevation difference between microatolls and the HLS would represent the amount of uplift, and the age of the coral would constrain the age of the earthquake event. In this study, we surveyed six sites along the coast surrounding the Western Hengchun Tableland. Based on our field survey data and U-Th dating results of uplifted corals, we reconstructed a coastal uplift history of the area, and proposed several paleo-earthquake events in the past 2,500 years. These results enabled us to further understand the seismogenic properties and the possible earthquake recurrence intervals of the Hengchun offshore structure.

Keywords: coral microatolls, Hengchun offshore structure, Paleo-earthquake event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析
LC-InSAR analysis of the Sulawesi earthquake in Indonesia

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1]
*Jun Sugimoto[1], Masashi Omata[1], Yoshiteru Akiyama[1], Yutaka Horaku[1]

1. 株式会社 パスコ
1. PASCO CORPORATION

ALOS-2を用いた干渉解析によって、広域の地殻変動を捉えるのみならず、局所的な地表変状を捉えられることが明らかとなってきた（Fujiwara,2016、小俣ほか，2017）。本発表では、LC-InSARによる解析（三五ほか，2016、小俣ほか，2016）を用いて、2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震による地殻変動を検討した。地震の規模はMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）である。Sulawesi島のPalu市街地の西側、山地と低地の境界にはPalu-Koro断層が分布することが知られていた。Palu-Koro断層はGPSによる5年間の観測で3.4cm/yrの左横ずれを示す（Walpersdorf and Vigny, 1998）ほど活発な活断層であり、今回の地震はこのPalu-Koro断層に沿って発生した。この地震による地殻変動は、地震直後に国土地理院（2018）によって広域観測モード（分解能60m）による干渉SAR解析が実施され、Palu-Koro断層と一致するように南北に走行を持つ断層が確認された。Paluより南側で5m程度の変位が生じていること、左横ずれしているのと調和的な変動がみられることが報告されている。

本発表で行った干渉SAR解析では、高分解能モード（分解能10m）で観測された2018年3月1日と、2018年10月25日の南行軌道のデータを使用し、Palu周辺のより詳細な変動の抽出を試みた。

LC-InSAR図によれば、Palu-Koro断層に沿って、低コヒーレンスが連続するとともに位相の不連続が生じている‘位相不連続ライン’が確認できる。このような‘位相不連続ライン’は地表変状が生じている箇所であることがこれまでのLC-InSAR解析で示されている（小俣ほか,2017）ことから、Palu-Koro断層沿いの‘位相不連続ライン’も地表地震断層を含む地表変状が生じていると推定される。‘位相不連続ライン’はPalu-Koro断層沿いで大きな位相差を生じている箇所のほかに、平行する南北方向の微小な位相の不連続も確認できる。また、主断層から離れた東側の平野部には北西－南東方向の‘位相不連続ライン’が確認される。これらは派生断層もしくは副断層による地表変状を生じていることを示している可能性がある。

今回の地震では、平野部で液状化から大規模な側方流動が生じたとされている（森,2018）。このような側方流動が生じた地域はコヒーレンス値が低くなることから、LC-InSAR図では赤色で表現される。LC-InSAR図と光学衛星写真とを比較してみると、光学衛星で認められる側方流動を生じた範囲より広い範囲においてコヒーレンス値が低く、赤色で表現されていることが判る。コヒーレンス値が低くなるのは地表面の変動だけではないため注意が必要であるが、明らかな側方流動を生じている範囲よりも広い範囲で地表面に何らかの変化を生じていることを示唆している可能性がある。これは、液状化が発生している範囲は、側方流動を生じている範囲よりも広範囲に及ぶ可能性を示唆するものである。

以上、インドネシアのSulawesi島で発生した地震による変動をALOS-2によるLC-I n SAR図で検討してみたところ、地表地震断層を含む地表変状、および液状化が生じている可能性がある範囲を抽出することが出来た。ALOS-2のデータを利用することで、国内の災害と同様に海外の災害でも広域に被害が発生した災害の発生箇所およびその範囲を特定できることが再確認された。

国土地理院（2018）2018年インドネシア・スラウェシ島の地震に伴う地殻変動，http://www.gsi.go.jp/cais/topic181005-index.html

小俣 雅志・郡谷 順英・三五 大輔（2016）干渉ＳＡＲを使用した新たな地表地震断層検出方法，日本活断層学会2016年秋季学術大会講演予稿集

小俣 雅志・三五 大輔・郡谷 順英・谷口 薫（2107）平成28年（2016年）熊本地震において新たな干渉SAR解析によって見出された地表変状，JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-11

三五大輔 ・小俣雅志・郡谷順英（2016）干渉SAR解析と地形表現図とを組み合わせた新たな地表断層抽出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

手法の研究，日本リモートセンシング学会（平成26年度秋季）学術講演論文集
森 伸一郎（2018）Googleクライシスマップによって提供された衛星画像の解析に基づいた2018年9月28日のスラウェシ地震におけるPalu（パル）市内外の地すべり領域と領域内の被災建物・住家の特定,http://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Landslides%20Palu%20City-mori.pdf
USGS(2018) Earthquake Hazards Program M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive#executive
A. Walpersdorf and C . Vigny(1998)Monitoring of the Palu-Koro Fault (Sulawesi) by GPS, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 25, NO.13, 2313-2316

キーワード：干渉SAR解析、LC-InSAR図、2018年スラウェシ島地震、Palu-Koro断層
Keywords: InSAR, LC-InSAR diagram, 2018 Sulawesi earthquake, Palu-Koro fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9]
*Yoshiyuki Kaneda[1,2,3], Haluk Ozener[4], Nurcan Meral Ozel[4,5], Dogan Kalafat[4], Seckin Ozgur Citak, Narumi Takashi[2,3], Takane Hori[2], Muneo Hori[2,6], Mayumi Sakamoto[10,7], Ali Pinar[4], Asim Oguz Ozel[11], Ahmet Cevdet Yalciner[8], Gulum Tanircan[4], Ahmet Demirtas[9]

1. 香川大学　地域強靱化研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. 防災科学技術研究所、4. トルコ　ボアジチ大学　、5. 包括的核実験禁止条約機構、6. 東京大学地震研究所、7. 名古屋大学、8. トルコ　中東工科大学、9. 首相府災害緊急事態管理局、10. 兵庫県立大学、11. トルコ　イスタンブール大学
1. Kagawa University, 2. JAMSTEC, 3. NIED, 4. Bogazici University, 5. CTBTO, 6. ERI, 7. Nagoya University, 8. Middle East Technical University, 9. AFAD, 10. University of Hyogo, 11. Istanbul University

Recent, many destructive earthquakes and tsunamis occurred around the plate boundary in the world, which are, 2004 Sumatra Earthquake/Tsunami, 2011 East Japan Earthquake/Tsunami in Japan, and so on. Along plate boundary in Turkey, the North Anatolian Fault (NAF) distributes and the large earthquakes has occurred there. The one of the events along NAF in Turkey is the 1999 Izmit Earthquake, and severe damages was brought to residents The NAF between the eastern end of Turkey and the Aegean Sea has been ruptured in turn from the both ends, and the part off Istanbul city still remains as unruptured zone. It is considered that future large event brings fatal damages not only Istanbul city but also the entire of Turkish economy.

To prepare future large earthquake there, Japan and Turkey made an agreement to start a multidisciplinary research project, MarDiM SATREPS in 2003. The Project has four research groups with the following goals. Group 1 is Marmara Earthquake Source region observational research group to clarify seismicity, crustal structures and crustal displacement, and to construct a possible fault model. Group 2 focuses on scenario researches of earthquake occurrence along NAF and precise tsunami simulation in the Marmara region. Group 3 aims improvements and constructions of seismic characterizations and damage predictions based on observation researches and precise simulations. Group 4 promotes disaster educations using research result visuals and construct strategies of disaster mitigation.

Group 1 constructed a fault model along NAF with some asperities and with variation on the dip. The segment boundary was also identified through the modeling and it is consistent with the past rupture pattern and fluid distribution. The NAF on the western region of Sea of Marmara has creep and the rate is nearly half of block motion based on direct seafloor observation for crustal displacement. Group 2 calculated cyclic rupture pattern along NAF using heterogeneous fault model and constructed monitoring system “SWIFT” for crustal stress field by mechanisms of many events estimated automatically. We developed tsunami calculation code to image inundation around the coastal area. Group 3 investigated ground structure through regular fine shake observation, and constructed city model of industrial region supporting Turkish economy. We simulated strong motion using ground structure, city model and fault model derived from Group 1 and made a new hazard map. Group 4 considered teaching materials for disaster prevention including Japanese animation technique based on above results of three groups.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

These materials are utilized for disaster mitigation in Marmara region and disaster education in Turkey.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、リスク評価、防災教育
Keywords: North Anatolian Fault, Sae of Marmara , Risk evaluation, Disaster education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定
Estimation of fault activity by multivariate analysis using chemical composition of fault gouge

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2]
*Ryo Tateishi[1], Koji Shimada[2], Tadamasa Ueki[2], Mayuko Shimizu[2], Tetsuya Komatsu[2], Shigeru Sueoka[2], Masakazu Niwa[2], Ken-ichi Yasue[1], Tsuneari Ishimaru[2]

1. 富山大学、2. 日本原子力研究開発機構
1. University of Toyama, 2. Japan Atomic Energy Agency

はじめに：活断層は，現在の地形及び第四紀の被覆層の変位・変形により認定される．しかし，第四紀の被覆層が存在しない場合，そこにある断層が活断層であるかそうでないかの決定は非常に困難となる．活断層の認定に係る断層の活動性評価は，原子力施設などの重要建造物の安全評価，ひいては地層処分などにおけるサイト選定にとっても非常に重要である．本研究では，国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを変量とした多変量解析を行い，断層活動の有無の判別を試みた．

手法：本研究は，文献収集→断層ガウジの化学組成データの抽出→新たな化学分析データの追加→入力データの整理→変数選択→線形判別分析という流れで活断層と非活断層の違いを判別できるかどうかを確認した．まず，既存の文献から国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを抽出した．この際，分析対象が活断層か非活断層か文献に明記されていること，付加体，花崗岩質岩など多様な基盤岩を持つことを抽出条件とした．また，原子力機構保有の断層ガウジ試料の化学分析を行い，両者を統合したデータベースを作成した．このデータベースには，各試料の試料名と分析値のほか，活断層か非活断層かという２つの分類を与えた．次に，このデータベースから説明変数の候補となる元素を決め，入力データとして整理した．文献から抽出した化学組成データは，全て同じ元素が分析されている訳ではないため，試料数をできるだけ多く取れるように共通の元素を選んだ．そして，それらの元素から，活断層と非活断層の判別に適した元素を更に抽出するため，赤池情報量基準（AIC：Akaike,1973）と主成分分析の2つの方法で変数選択を行った．最後に，AICで選択された元素，主成分分析で因子負荷量が高いとされた元素の組合せを説明変数として線形判別分析を行った．ここで，AICは，複数の統計的モデルの良さを比較評価するための規準であり，活断層と非活断層の2群を分けるのに最適な元素の組合せを示す．一方，主成分分析は，多種のデータの持つ情報をできるだけ損なわずに低次元化する手法であり，多次元空間における個々のデータの散らばり具合を説明する合成式が次元の数だけ得られる．この合成式は，データの散らばり具合を説明できる割合（寄与率）の順に第1主成分，第2主成分，第3主成分…と呼ばれる．また，得られた合成式における各元素の重み（因子負荷量）も数値化される．線形判別分析は，2群が正規分布すること，等分散性を持つことを前提として，多次元における2群の中心点を基準として，2群が最も良く分かれる直線（一次式）を求める手法である。

結果：文献収集の結果，既存の論文7編と原子力機構の報告書5編から断層ガウジの化学組成データを抽出した．これに原子力機構保有の断層ガウジ6試料の化学分析結果を加えたデータベースから，変数の候補となる元素をSiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3*, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Rb, Sr, Y, Nb, Ba, Pb, Thの17元素に絞った．データの数は活断層41試料，非活断層16試料の合計57試料となった．これら17元素から，AICでは13元素が最適な元素の組合せとして抽出された．主成分分析では，第1主成分から第17主成分までの合成式が得られ，各合成式で因子負荷量の高い元素が算出された．これらの結果から，①AICの13元素，②主成分分析の第3主成分まで（化学組成の散らばり具合を65%説明する），③第5主成分まで（同じく80%），④第8主成分まで（同じく90%）の因子負荷量の平均値が上位10位に入る元素の組合せで線形判別分析を行った．その結果，①③④の組合せで活断層と非活断層の2群を正確に分ける一次式が得られた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

考察：上記①③④の元素の組合せに共通する元素はTiO_2, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, Baの6元素である．この6元素の組合せ（以下⑤とする）で再度線形判別分析を行ったところ，2群を正確に分ける結果となった．これらの元素は異なる手法あるいはフィルターで選ばれたものであることから，活断層と非活断層の違いを表す元素の可能性がある．また，①③④⑤の一次式に別の活断層の断層ガウジ３試料のデータを代入し，検証を行った結果，全ての式で活断層側と判別される値が出た．ただし，これらの値は母集団の分布範囲から外れており，その傾向は元素数が多いほど顕著であった．すなわち，⑤の組合せが最も母集団と近い値となった．このことから，現時点では，⑤の6元素で構成される一次式が，活断層と非活断層を分ける最良の式と判断した．

おわりに：断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析により，活断層41試料と非活断層16試料の2群を，化学組成から正確に分ける一次式が複数得られた．更に，これらの一次式に共通する元素の組合せから，活断層と非活断層の違いを表す元素を6つに絞ることができた．この6元素は，今後「なぜ活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成が異なるのか」という本質的議論の鍵となる可能性がある．

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。

引用文献：Akaike, H., Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), p. 267-281, 1973.

キーワード：断層ガウジの化学組成、多変量解析、活断層と非活断層
Keywords: Chemical composition of fault gouge, Multivariate analysis, Active faults and inactive faults

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ー スリップパーティショニングの最大化を例として ー
Bayesian optimization of fault-shape parameters using finite element analysis: parameter sets for strong slip partitioning

*竿本 英貴[1]
*Hidetaka Saomoto[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

断層変位解析を含む三次元有限要素解析は，一定レベル以上の計算時間を必要とするため，多くの解析ケースについての検討は一般に困難である．一方で，観測結果を模擬するためには少なくともいくつかの解析ケースについて検討する必要がある．観測結果とシミュレーション結果の残差に対してモデルパラメータの感度が容易に求まらない場合，グリッドサーチによってパラメータの良し悪しを検討するのが通例であるが，パラメータ数が多くなると検討すべき解析ケース数が指数関数的に増加するため，グリッドサーチは効率的ではない．一方，遺伝的アルゴリズムなど進化計算に基づくパラメータ最適化は感度情報が不必要かつ強い非線形問題についても適用できるという利点があり，広く用いられている．しかしながら，進化計算に基づくパラメータ最適化は1ケースあたりの計算時間が短い場合への適用に限られ，今回対象とする(計算時間が長い)三次元有限要素解析には適用しづらい．

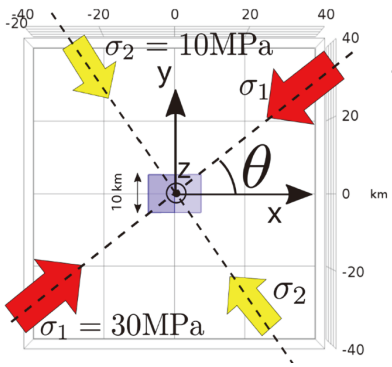
近年，なるべく少ない試行回数で最適パラメータを求めようとする手法として，ベイズ最適化手法が注目されている．ベイズ最適化はある時点までに実施してきた試行結果を元にして，次の探索候補を逐次的に決定するアルゴリズムであり，グリッドサーチに比べて効率的である上，進化計算に基づくアルゴリズムのように多くの解析ケース(ただし，グリッドサーチよりは少ない)を必要としない．ここではベイズ最適化手法の一つであるTree-Structured Parzen Estimatorに基づく最適化ライブラリOptuna(1)を有限要素解析(COMSOL Multiphysics)と組み合わせることで，スリップパーティショニングを積極的に起こす断層面形状を探索した．ベイズ最適化から得られた断層面形状に関するパラメータセットは，事前に実施したグリッドサーチから得られたパラメータセットと整合的であり，グリッドサーチの結果よりもスリップパーティショニングの程度が大きくなった．今回の検討から，ベイズ最適化手法によって効率的に断層面形状に関するパラメータが探索できることが示された．

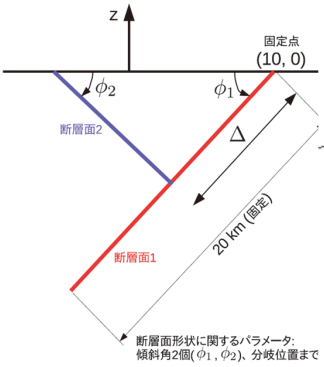
参考文献:

(1) Preferred Networks, Inc.: https://optuna.org/

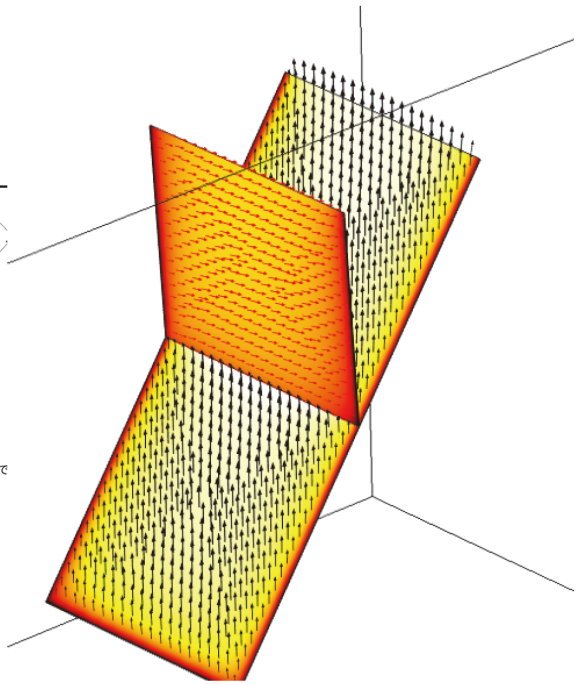
キーワード：活断層、有限要素法、ベイズ最適化、スリップパーティショニング
Keywords: Active Fault, Finite Element Method, Bayesian Optimization, Slip Partitioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





最適化するパラメータ：
主応力方位と断層面形状に関するパラメータ



Θ= 33.8°, ϕ1= 54.5°, ϕ2= 86.3°, Δ=10 km
のとき、スリップパーティショニングが
生じやすいと考える

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A02 東京ベイ幕張ホール

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)、座長:小荒井 衛(茨城大学)、小松原 琢(産業技術総合研究所)

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

15:30 ~ 16:00

[SSS15-01] 東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって

★招待講演

*蝦名 裕一[1] (1.東北大学災害科学国際研究所)

16:00 ~ 16:15

[SSS15-02] 歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例

*小松原 琢[1] (1.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:15 ~ 16:30

[SSS15-03] 同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震

*石橋 克彦[1] (1.神戸大学名誉教授)

16:30 ~ 16:45

[SSS15-04] 地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3] (1.筑波大学生命環境系、2.電力中央研究所、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所)

16:45 ~ 17:00

Discussion

東北地方太平洋沿岸における歴史津波の史料・伝承をめぐって
Historical documents and oral transmissions on historical tsunamis in the Paciffic coast of Tohoku

*蝦名 裕一[1]
*ebina yuichi[1]

1. 東北大学災害科学国際研究所
1. International Research Institute of Disaster Science

本報告では、1611年に発生した慶長奥州地震津波（従来の慶長三陸地震津波）をはじめとする東北地方太平洋沿岸で発生した歴史津波に対する歴史資料や伝承を活用した歴史学に基づいた学際的研究手法について述べる。

2011年に発生した東日本大震災をうけて、東北地方太平洋沿岸で歴史上発生した巨大津波についての関心が高まり、これを869年貞観地震津波と対比した「1000年に１度の津波」とのイメージが流布するとともに、過去の津波伝承やいわゆる災害由来地名などが注目されている。これに対し、1611年の慶長欧州地震津波に対する従来の研究史における過小評価が指摘され、関する歴史資料の再調査・分析がおこなわれている（蝦名・今井2014）。また、同地域で発生した巨大地震津波として1454年に発生した享徳地震の存在が注目されることになった（行谷・矢田2014、Sawai et al. 2015）。さらに、これに対比される津波堆積物が、仙台平野や岩手県各地で相次いで発見されている（Sawai et al. 2012; 高田ほか2016）。

慶長奥州地震津波について記した史料として『駿府政事録』・『駿府記』があり、これには漁に出た仙台藩家臣と漁師の船が津波に遭遇し、「千貫松」と呼ばれる山の上に流されたと記述されている。これが現在の宮城県岩沼市の阿武隈川河口周辺での出来事と推定されているが、千貫松が存在した山の標高が高すぎることなどの理由から、この記述が作為的なものとして、この津波における仙台平野の被害が否定され、過小評価されていた（渡辺1998）。しかし、江戸時代に作成された岩沼周辺の絵図にもとづく歴史地形復元により、当時の阿武隈川の河川がより内陸側に流れていたこと、付近に中世以来の漁村が存在することなどから説明が可能となる（蝦名2014）。『駿府政事録』の記述は、遠隔地で編纂されたために、若干の情報の錯綜がありながらも、当時の津波の状況を伝えていると判断できる。

歴史地形の復元は地震規模の上限を決める上でも有効である。例えば岩手県宮古市に存在する史料や伝承には、2011年の津波到達地点より内陸まで津波が浸水していた記述をみることができ（蝦名・今井2014）、これに基づけば慶長奥州地震津波の地震規模は2011年に匹敵ないしそれ以上と考えることが可能である（福原・谷岡2018）。ただし、近世近代にかけて作成された絵図をもとに歴史地形を復元すると、これらの痕跡点が旧河川上に位置することがわかり、津波の河川遡上として説明することができる。

さて、こうした東北地方太平洋沿岸についての古地震・古津波の情報は、以前から地域の人々に共有されていたわけではなかった。東京大学地震研究所所蔵『地震・地理学研究材料報告』は、1890年代に帝国大学理科大学が全国の自治体に対して「海嘯」の有無についてアンケート調査を実施した際、岩手県沿岸の自治体は1856年の安政八戸沖地震津波の被害以前の歴史地震・津波について、史料・伝承ともに存在しないとの回答を寄せている（蝦名・佐竹2018）。ここから、東北地方太平洋沿岸がいわゆる津波常襲地帯であるという認識は、この時期の住民に共有されていなかったことがわかる。その中で、地域に残る歴史津波の記録・伝承について再評価をしたのが、1896年明治三陸地震津波の後に被災地を踏査し、『三陸沿岸大海嘯取調書』を著した山奈宗真であった。彼は津波被災後の各地の状況を調査するとともに、各地の有力者宅で古文書を調査し、『武藤六右衛門所蔵文書』や『宮古由来記』の類書から、慶長奥州地震津波の記述を書写している。一方

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

で、山奈は津波由来地名について『岩手沿岸古地名考』をまとめている。これは山奈が当時の住民から聞いた、過去の津波漂流物に由来した地名について記したもので、40件の地名のうち、半数の地名が現在も確認できることが判明している（村中ほか2017）。一方で、これらの地点の多くは実際に津波が到達するとは考えにくい箇所も多く、明治三陸地震津波直後の混乱状況で新たに生じた伝承である可能性も考慮にいれるべきであろう。

古地震・古津波研究における歴史資料および伝承を用いる場合、それらの成立過程や歴史地形の変遷といった視点を、研究をより深化させることができると考える。

キーワード：歴史津波、歴史資料・伝承、学際的研究、慶長奥州地震津波
Keywords: historical tsunamis, historical documents and oral transmissions, Interdisciplinary research, Keicho Oshu earthquake and tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

歴史時代における沈降卓越型逆断層の活動事例
Co-seismic crustal movements along reverse faults which subsidence component is larger than uplifting component

*小松原 琢[1]
*Taku Komatsubara[1]

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Institute of Geology and Geoinformation, Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

逆断層運動は短縮歪場で生じることから，断層上盤側の隆起量は，下盤側の沈降量を上回るはず，である．しかし，日本海東縁～新潟-神戸歪集中帯では，地質学的時間スケールにおいて下盤側の沈降量が上盤側の隆起量を上回っている逆断層が少なくない(小松原，2015)．こうした断層の活動と地質構造のでき方について考察するために，沿岸部に起震断層が位置する歴史地震について，上下地殻変動の事例をまとめた．

2. 事例1　1586年天正地震時の桑名断層の活動

桑名断層の上盤側にあたる三重県朝日町埋縄地区でMIS5e旧汀線高度は+63m，桑名市西方でMIS5cの河口成段丘の最高高度は+55～63ｍ，高位段丘高度が+80ｍである．同断層下盤側のMIS5e海成層上面高度は，桑名市和泉で約-92ｍ，同市長島町浦安で-72ｍである．

桑名断層は1586年天正地震時に活動したとされる(須貝，2011)が，断層沈下側に当たる愛知県弥富市荷の上には1576年建造の建物が現存し，三重県・愛知県の断層下盤側における中世の大部分の遺構の埋没深度は1mを越えない(小松原，2018)．以上から，桑名断層はMIS5以降でみれば沈降と隆起が拮抗ないしは沈降が卓越する活動を行ってきたが，天正地震時には大きな沈降を生じなかった可能性が高い．

3. 事例2　1662年寛文近江若狭地震時の三方断層帯・日向断層の活動

日向断層の上盤側にあたる福井県若狭町気山の海成MIS5e堆積面の標高は+15～16ｍに位置する．この断層下盤側のMIS5eと考えられる湖沼堆積物上面の標高は水月湖で-90ｍ付近，三方湖で-80.9ｍである(竹村ほか，1993)．

一方，古文書には寛文地震時に日向断層上盤の菅湖北東で2.4ｍ(八尺)隆起，三方湖南西で1.5ｍ余り(数尺)沈降したと記録されている（小松原ほか，1999）．以上から，日向断層はMIS5e以降でみれば大幅な沈降卓越型の活動を行ってきたが，寛文地震時には隆起が沈降を上回っていたと考えられる．

4. 事例3　1694年元禄能代地震時の能代断層帯の活動

能代断層帯北部の上盤側におけるMIS5e海成段丘の旧汀線高度は秋田県峰浜村畑谷で+50～60ｍ，三種町森竹地区で+30m前後，同断層下盤のMIS5e海成層上面高度は能代市浅内地区で-85m付近である(秋田県，2002)．

一方，1694年元禄能代地震時による八郎潟北部の隆起を示した絵図(粟田，1985)を含む史料には，沈降(沈水)に関する記載は認められないことから，この地震時に顕著な沈降運動が生じたとは考えにくい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

5. まとめ

歴史時代に沈降卓越型逆断層を起震断層として生じた地震性地殻変動では，3事例とも顕著な沈降運動が生じた証拠を見出すことはできない．これは，当断層沿いで非地震的な沈降運動が生じていることを示唆する．今後さらに検討したい．

文献

秋田県(2002)平成13年度能代断層に関する調査研究報告書．(地震本部HP)

粟田(1985)歴史地震，1，191-194.

小松原(2015)活断層研究，43，17-34.

小松原(2018)歴史地震講演要旨，35，42.

小松原ほか(1999)歴史地震，15，81-100.

須貝(2011)活断層研究，35，15-28.

竹村ほか(1993)地学雑誌，103，233-242.

キーワード：歴史地震、地震性地殻変動、逆断層、新潟-神戸歪集中帯、日本海東縁変動帯
Keywords: historical earthquake, co-seismic crustal movement, reverse fault, Niigata-Kobe tectonic zone, eastern margin of Japan Sea tectonic zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

同時代史料による文禄五年閏七月九日（1596.9.1）の伊予・豊後地震
The Iyo-Bungo, southwest Japan, earthquake on September 1st, 1596 as deduced from contemporary historical records

*石橋 克彦[1]
*Katsuhiko Ishibashi[1]

1. 神戸大学名誉教授
1. Emeritus Professor, Kobe University

●文禄五年（十月二十七日に慶長と改元）閏七月に豊後国（大分県）に地震動・津波災害をもたらした地震の発生日については，九日（1596.9.1）と十二日（1596.9.4）の２説がある．『増訂大日本地震史料』は十二日とするが，石橋（1989）は九日19時頃と主張し，十二日としていた『日本被害地震総覧』も宇佐美（1996）から九日に変わった．しかし堤・他（2000）は，伊予国（愛媛県）の地震史料から，9月4日豊後地震とは別の伊予地震が9月1日に発生したことは間違いないとして，それが中央構造線活断層帯・川上断層の最新イベントの可能性があると述べた．松岡（2014），中西・弘瀬（2015），松崎・他（2017）も，閏七月十二日の豊後地震とは異なる九日の伊予地震を考えている．これらに対して本発表では，信頼性の高い同時代史料によれば，九日19時頃に，別府湾付近から伊予にかけてを震源域とする単一の「伊予・豊後地震」が発生したと考えられることを述べる．

●既刊の地震史料集には本地震について70点以上の史・資料が印刷されているが，史料価値は玉石混淆である．いわば「古い地震観測データによる歴史地震源の考究」においては，史料批判をおこない，信頼性の高い同時代史料だけを用いるべきである．「十二日」は，元禄十一年（1698）成立の『豊府聞書』が恐らく伏見地震（十二～十三日深夜）と混同して以来，その後の多数の史・資料が踏襲したもので，信憑性は低い．16点の同時代史料の良質なテキストによる各地の状況は以下のとおりである．なお，同時代に成立した『イエズス会報告』と『日本王国記』は種々の問題があるので用いなかった．

京都：『言経卿記』が九日戌刻（19-21時頃）の地動を記し，『孝亮宿禰日次記』（今回初めて自筆原本を使用）は九日酉戌刻間（19時頃）に地震が「事の外」だったとする．

豊後：『由原宮年代略記』が九日戌刻に大地震で同社悉く転倒し，黄昏（たそがれ）時分に府中（大分市）に大津波があったと記す．『興導寺大般若経奥書』と『柴山勘兵衛記』も九日の大地震と府中の大津波を伝える．『玄与日記』は「去七月十二日之地震之時」（たぶん"閏"が脱）として，かみの関（大分市佐賀関；松崎・平井，2014）の大津波の伝聞を記すが，この記事には問題があって津波が十二日だったかどうかわからない（松岡，2017；榎原・村田，2018）．

安芸（広島県）：廿日市市と厳島神社では，『穂田元清書状』によって九日夜に大地震があったが損傷がなかったことがわかる．『仏通禅寺住持記』によれば，三原市でも九日から十二日まで大地震が続いた．『毛利元就書状』によれば，日時不明だが広島も強く揺れたが破損はなかった．

伊予：松山市の『薬師寺大般若経奥書』に，九日に強震動があって国中が迷惑とあり，広範囲で被害があったことを示唆する．中西（2002）が，江戸時代の編纂史料だが，松山市・西条市で九日戌刻の地震により寺社の倒壊・土地の陥没・集落移転の被害があったことを報告している．

薩摩・大隅（鹿児島県）：『樺山紹剱自記』が九日に大地震があったと記す．『帖佐屋地書状』は八日から少なくとも廿九日まで地震が続いたと書いており，八日は記憶違いかもしれないが帖佐（姶良市）では地震を感じたのかもしれない（西尾，2018）．『南航日記残簡』は鹿児島で，九日の地震，十二日の大地震と夜の地震，十三日の大地震を記す．榎原・村田（2018）は十二日に九州南部で別の地震が起きたかもしれないとするが，本発表では触れない．

●以上から，九日に各地に地震動があった．時間が不明な所もあるが，夜か，19～21時，19時頃であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．史料地震学の原則として，明確な反証や理由がない限り，これらを同一の地震源によると考える．震度は，大分と松山・東予が所によって6強程度，廿日市・厳島・広島・三原が4程度，京都が3の強いほう，鹿児島付近が3程度と推定される．当時の時刻精度の粗さと大分の9月1日の日没時刻（18時40分頃）も考慮すれば，最も単純で合理的な推定は，九日の19時頃に大分付近～伊予に震源域をもつ単一の「伊予・豊後地震」が発生して直後に津波を生じたことである．別府湾から西条市付近までだと震源域が約150kmもあってM8級となるが，震源破壊伝播の効果も考えればもっと短くてよいかもしれない（M7.5級）．M7.3の兵庫県南部地震で震源域から40 km前後の姫路や和歌山が震度4だったから，伊予・豊後地震で広島県が震度4でも不思議ではない．更なる検討が必要だが，西条市で地盤沈下が生じた（中西，2002）とすれば，北落右横ずれの川上断層の活動もあったかもしれない．伊予・豊後と伏見の2地震は中央構造線断層帯の活動を含んで関連していて，その後の南海トラフの地震発生に影響を与えた可能性がある（石橋，1989a，2014）．

キーワード：1596年、伊予・豊後地震、史料批判、同時代史料、中央構造線断層帯
Keywords: 1596, Iyo-Bungo earthquake, historical source criticism, contemporary historical documents, MTL fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地層に記録された東南海地域の歴史時代・先史時代の津波
Geologically recorded historical and prehistoric tsunamis in the Tonankai region

*藤野 滋弘[1]、木村 治夫[2]、小松原 純子[3]、松本 弾[3]、行谷 佑一[3]、澤井 祐紀[3]、宍倉 正展[3]
*Shigehiro Fujino[1], Haruo Kimura[2], Junko Komatsubara[3], Dan Matsumoto[3], Yuichi Namegaya[3], Yuki Sawai[3], Masanobu Shishikura[3]

1. 筑波大学生命環境系、2. 電力中央研究所、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Civil Engineering Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

三重県の沿岸低地で機械ボーリングとハンドコアリングによる掘削調査を行ったところ，約4500–500年前に堆積した有機質泥層中に10層の砂層が見つかった．有孔虫や巻貝などの海生生物の遺骸を多く含むことや，現世津波堆積物と共通する堆積構造を有することから，これらの砂層を津波堆積物と解釈した．この調査地は安政東海地震津波（1854年）で浸水して砂が堆積したことが文書に記録されているが，伊勢湾台風（1959年）では浸水や砂の堆積の記録はない．見つかった砂層の内，上位3層の年代値は明応地震津波（1498年），永長地震津波（1096年），白鳳地震津波（684年）に重なる．この結果は白鳳地震の破壊域が東南海地域にまで及んでいたか，白鳳地震前後に別の地震が東南海地域で発生していたという地震考古学の仮説を支持する．一方，破壊域が東南海地域にまで及んでいたとも言われる仁和地震（887年）や正平地震（1361年）の津波の痕跡は見つからなかった．仮に，上位3層の砂層が明応，永長，白鳳地震津波によるものであり，かつ仁和，正平地震津波がこの地域に及んでいなかった場合，7–15世紀の東南海地域における津波の再来間隔は約400年となる．これは，南海トラフでは100年前後の一定の間隔で地震・津波が発生する，という一般に広く信じられている説と一致しない．また，調査地における先史時代の津波堆積物の年代間隔も100–600年程度でばらついていた．南海トラフにおける地震・津波の再来間隔については今後さらに検証する必要があるが，一定の再来間隔という先入観を持たないことが必要である．

キーワード：津波堆積物、南海トラフ、再来間隔
Keywords: tsunami deposit, Nankai Trough, recurrence interval

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-IT21] 核-マントルの相互作用と共進化

コンビーナ:河合 研志(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、飯塚 毅(東京大学)、太田 健二(東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)、土屋 卓久(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、座長:河合 研志、Sebastian Ritterbex

近年の高圧実験の進歩で、地球中心部に至る温度圧力条件での鉱物の物性測定が可能となってきた。一方、高精度な古地磁気測定、地球物理学観測、精密地球物理学分析、地球ニュートリノによる地球深部放射性物質の直接観測などの発展と共に、マントル対流や地磁気ダイナモの数値シミュレーション技術も大きく発展して、地球内部の状態の理解が進んできた。本セッションでは、地球及び惑星における核ーマントル相互作用と進化に焦点をあてた、様々な研究分野の成果を一堂に会する機会を提供し、情報交換を進めることを目的とする。異なる分野間の連携を発展させるための日本版地球・惑星深部研究グループ(J-SEDI）の形成に関わる講演も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SIT21-19] Seismological Explorations of Earth's Outer Core: Normal Mode and Body Wave Analyses

★Invited Papers

*Jessica C E Irving[1]、Sanne Cottaar[2]、Vedran Lekic[3]、Wenbo Wu[4] (1.Princeton University、2.University of Cambridge、3.University of Maryland, College Park、4.California Institute of Technology)

9:15 ~ 9:30

[SIT21-20] ディスカッション

*河合 研志[1] (1.東京大学)

9:30 ~ 9:45

[SIT21-21] On the 1-D radial convective structure of the Earth’s core inferred from a coupled core-mantle evolution model

*中川 貴司[1] (1.香港大学地球科学専攻)

9:45 ~ 10:00

[SIT21-22] Structural and transport properties of liquid iron-light-element mixtures under outer core conditions

*大村 訓史[1]、土屋 卓久[2] (1.広島工業大学、2.愛媛大学)

10:00 ~ 10:15

[SIT21-23] Development of New Technology for Geoneutrino Directional Measurement

*渡辺 寛子[1] (1.東北大学ニュートリノ科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[SIT21-24] Investigation of multi light elements in iron-silicate-water system using high pressure and temperature neutron experiments: Implications for the Earth's evolution

★Invited Papers

*飯塚 理子[1]、後藤 弘匡[2]、福山 鴻[1]、鍵 裕之[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2.東京大学物性研究所)

Seismological Explorations of Earth's Outer Core: Normal Mode and Body Wave Analyses

*Jessica C E Irving[1], Sanne Cottaar[2], Vedran Lekic[3], Wenbo Wu[4]

1. Princeton University, 2. University of Cambridge, 3. University of Maryland, College Park, 4. California Institute of Technology

Earth's outer core is a source of both the geodynamo and heat for mantle convection. However, we still do not fully understand its chemical composition, and there is debate about whether the uppermost outer core may contain a stratified layer enriched in light elements. We present low frequency normal mode and high frequency body wave investigations of the outer core's properties.

Normal mode oscillations of the whole Earth, excited by large earthquakes, are sensitive to the large-scale variations in velocity and density. We use reported centre frequencies of hundreds of normal mode oscillations to investigate the bulk properties of the outer core. We carry out a Bayesian inversion using a mineralogical Equation-of-State framework to infer the outer core's velocity, density and mineralogical properties, under the assumption that the outer core is well mixed and adiabatic. The model we produce, EPOC, describes the Elastic Parameters of the Outer Core. EPOC predicts seismic velocities at the top of the outer core which are closer to some existing body-wave models than to PREM, resolving a long-standing discrepancy. EPOC also fits normal-mode data better than the Preliminary Reference Earth Model. We also consider the effects of relaxing our assumptions that (i) there is no stratified layer at the top of the outer core, and (ii) that PREM is correct outside the outer core.

To better assess the uppermost outer core, often referred to as the E' layer, we use a novel, iterative technique to measure SmKS differential travel times. SmKS waves are particularly sensitive to the E' layer, and reflect (m-1) times from the underside of the core-mantle boundary. We find that the SmKS differential travel times are better described by models with seismic velocities in the E' layer slower than PREM, such as EPOC or body-wave derived KHOMC (Kaneshima and Helffrich, 2013).

Keywords: Outer Core, Normal Modes, Body waves

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ディスカッション
Discussion

*河合 研志[1]
*Kenji Kawai[1]

1. 東京大学
1. University of Tokyo

ディスカッション

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

On the 1-D radial convective structure of the Earth’s core inferred from a coupled core-mantle evolution model

*中川 貴司[1]
*Takashi Nakagawa[1]

1. 香港大学地球科学専攻
1. Department of Earth Sciences, The University of Hong Kong

A coupled core-mantle evolution model in the global heat and mass balance of the Earth’s mantle and core is to reveal the 1-D radial convective structure of the Earth’s core over the geologic time-scale. Since tracking the convective structure of the Earth’s core over the geologic time-scale is not still available for numerical geodynamo simulations, the assessment with the global heat and mass balance model of Earth’s core and mantle is quite powerful. Regarding the global heat balance of the Earth’s mantle, the global heat balance approach incorporating with the heat transport by the partial melting is assumed, which is the parameterized mantle convection based on the modified version of Driscoll and Bercovici (2014). The heat flow across the core-mantle boundary computed from this parameterized convection model is used to compute the thermal and chemical structure of the Earth’s core based on the global heat balance of the Earth’s core with the realistic material properties of the Earth’s core provided from Labrosse (2003; 2015) However, on the assessment of convective structure, the effects of compositional convection caused by releasing the light elements associated with inner core growth and/or the metal-silicate partitioning are included (e.g. Takehiro and Sasaki, 2018). As indicated in Takehiro and Sasaki (2018), the effects of compositional convection are essential for understanding the convective structure of the Earth’s core even if the realistic density structure of the Earth’s core is included in the energy flux computations. On the magnetic field generation caused by geodynamo actions, again, the compositional convection plays a significant role under the high thermal conductivity expected from the high-pressure physics. In the presentation, I will indicate the evolution of the convective structure described as the entropy flux of the Earth’s outer core over 4 billion years as a function of the evolution of the heat flows across the core-mantle boundary and oceanic lithosphere.

キーワード：地球中心核、進化、対流構造
Keywords: Earth's core, Evolution, Convective structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Structural and transport properties of liquid iron-light-element mixtures under outer core conditions

*大村 訓史[1]、土屋 卓久[2]
*Satoshi Ohmura[1], Taku Tsuchiya[2]

1. 広島工業大学、2. 愛媛大学
1. Hiroshima Inst. of Tech., 2. Ehime Univ.

It is widely believed that Earth’ s outer core consists of liquid iron (or liquid-nickel alloy) with light element (LE) impurities. For understanding magnetic and thermal behaviors of the Earth, it is required to explore electrical and thermal conductivities of liquid iron and influence of the light elements on these properties.

For this reason, we have investigated influences of light elements on transport properties of liquid iron under high pressure by using ab initio molecular dynamics simulations. We reported the structural and transport properties of liquid Fe-LE binary systems in connection with a microscopic structural properties. This times, in addition to binary systems, we have investigated transport properties of Fe-LE ternary systems. To provide further details of the effects of light-element, we discuss structural and transport properties of liquid Fe alloys in terms of the type and amount of light elements.

キーワード：液体鉄合金、第一原理分子動力学シミュレーション、輸送特性、高圧物性
Keywords: liquid iron alloy, ab initio molecular dynamics simulation, transport properties, high pressure properties

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of New Technology for Geoneutrino Directional Measurement

*渡辺 寛子[1]
*Hiroko Watanabe[1]

1. 東北大学ニュートリノ科学研究センター
1. Research Center for Neutrino Science, Tohoku University

Neutrino is an elusive particle and it can penetrate even astronomical objects. While neutrino experiments continue to explore the neutrino propertied, e.g. oscillation nature of neutrino flavor transformation, mass-square differences and mixing angles, we have began to utilize neutrino as a tool to look into the Earth. Anti-neutrinos emitted from radioactive isotopes, geo-neutrinos, bring unique and direct information of the Earth’s interior and thermal dynamics.

KamLAND, Kamioka Liquid-scintillator Anti-neutrino Detector, has 1 kton ultra pure liquid scintillator. They reported the first experimental study of geo-neutrino in 2005. Later the geo-neutrino signals were used to estimate the Earth’s radiogenic heat production and constrain the composition models of the bulk silicate Earth. Following the Fukusima reactor accident in March 2011, the entire Japanese nuclear reactor industry has been subjected to a protected shutdown. This unexpected situation allows us to improve the sensitivity for geo-neutrinos.

The liquid scintillator detectors have the sensitivity for measuring total amount of geo-neutrinos from the Earth’s crust and mantle. However, we do not have the technology to track the direction of incoming geo-neutrinos at present due to the high miss-identification in a neutrino’s track reconstruction. The direction-sensitive detector can map out the U and Th distribution inside the Earth and this technic is also applicable to resolving crust versus mantle contributions. Recent progress in studying this this new technology confirmed that a signify improvement is possible in neutrino tracking identification with a combination of ^{6}Li-loaded liquid scintillator and imaging detector. We developed prototype detector to measure 3D image of scintillation light and study the methodology for the image reconstruction. We will present recent status of our prototype detector and achievement of dark noise reduction of pixelated detector.

キーワード：地球ニュートリノ、放射性熱源
Keywords: geoneutrino, radiogenic power

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of multi light elements in iron-silicate-water system using high pressure and temperature neutron experiments: Implications for the Earth's evolution

*飯塚 理子[1]、後藤 弘匡[2]、福山 鴻[1]、鍵 裕之[1]
*Riko Iizuka-Oku[1], Hirotada Gotou[2], Ko Fukuyama[1], Hiroyuki Kagi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地殻化学実験施設、2. 東京大学物性研究所
1. Geochemical Research Center, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. The Institute for Solid State Physics, The University of Tokyo

Introduction:
The Earth’s core is considered to consist of Fe alloy and some light elements (O, S, Si, H, C). Hydrogen (H) is the most abundant element in the universe and one of the promising candidates existing in the Earth’s core. However, its amount dissolved in the core and its process are still unknown because H cannot be detected by X-ray diffraction (XRD) and it easily escapes from iron by the release of pressure. Recently, H content in *fcc*-Fe at high pressure and high temperature (high-PT) has been determined using in-situ neutron diffraction measurements at J-PARC [1], suggesting that H had preferentially dissolved into iron before any other light elements have dissolved in the very early stage of Earth’s evolution. It is important to further study the partitioning of the other light elements between iron hydride (not pure iron) and silicates. To clarify the effects of multi light elements on the core-mantle segregation in the Earth’s formation, we have focused on sulfur (S) and investigated its effect on hydrogenation of iron.

Experimental:
Iron fine powder was pelletized with/without S powder and placed at the center of the graphite sample capsule. Powder mixture of quartz (SiO_2), brucite $Mg(OD)_2$ (or MgO for comparison of the water existence) surrounds the Fe pellet. Sample composition of Fe:$Mg(OD)_2$:SiO_2=2:1:1 of molar ratio with 5wt.% of S simulates an ideal condition of the primitive Earth.
In-situ high-PT neutron experiments were carried out using a six-axis multi-anvil press “Atsuhime” installed at MLF, PLANET (BL11), J-PARC. An originally improved multi-anvil 6-6 type assembly was applied. Three samples were pressurized up to 6–7 GPa and then heated up to 700 ˚C step by step. The reaction processes (dehydration of $Mg(OD)_2$, phase transformations of Fe (*bcc*-*fcc*) and FeS, formation of silicates) were carefully checked in real time. The diffraction patterns of *fcc*-Fe were measured at 550 ˚C and 700 ˚C for long time and analyzed using the Rietveld refinement method to determine structural and atomic parameters of *fcc*-Fe and sub-products. The recovered samples were examined by XRD and SEM-EDS to more precisely identify the products, their compositions, and the elements partition.

Results and Discussion:
The cell volume changes in *fcc*-Fe and sub-phase of FeS-V were investigated for every hour during the long-time measurements at 700 ˚C. For the sample including water, the volume of *fcc*-Fe was significantly increased with time, while the sample without water showed no change regardless of temperatures. The cell volume of FeS-V did not increase, suggesting that the formation of FeS was promoted in the existence of water, but its hydrogenation was negligible. Fe gradually incorporated D in the existence of water and FeD_x formed (x~0.10 at a maximum). From the results of SEM, the inhibition of deuterization might be due to the formation of FeS layer surrounding Fe pellet, whereas such a thick layer was not observed when using the Fe+S pellet. The sample without water did not include FeS layer nor Fe-bearing silicates.
It is suggested that both S and Fe were not mobile and could not react with each other without the existence of water. H and S can be preferentially incorporated into solid Fe at lower-T (~700 ˚C) before

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

melting. The other light elements (C, O, Si) could have dissolved into molten iron hydride and/or FeS in the later process of Earth’s core-mantle differentiation at much higher-PT condition.

Reference:
[1] R. Iizuka-Oku, T. Yagi, H. Gotou, T. Okuchi, T. Hattori, A. Sano-Furukawa, Nature Commun. 8, 14096 (2017).

キーワード：水素、硫黄、高温高圧下その場観察、コアーマントル形成、軽元素
Keywords: Hydrogen, Sulfur, In situ high pressure and high temperature observation, Core-mantle formation, light elements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-IT 地球内部科学・地球惑星テクトニクス

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A10 東京ベイ幕張ホール

[S-IT21] 核-マントルの相互作用と共進化

コンビーナ:河合 研志(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、飯塚 毅(東京大学)、太田 健二(東京工業大学大学院理工学研究科地球惑星科学専攻)、土屋 卓久(愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)、座長:辻野 典秀、上木 賢太

近年の高圧実験の進歩で、地球中心部に至る温度圧力条件での鉱物の物性測定が可能となってきた。一方、高精度な古地磁気測定、地球物理学観測、精密地球物理学分析、地球ニュートリノによる地球深部放射性物質の直接観測などの発展と共に、マントル対流や地磁気ダイナモの数値シミュレーション技術も大きく発展して、地球内部の状態の理解が進んできた。本セッションでは、地球及び惑星における核ーマントル相互作用と進化に焦点をあてた、様々な研究分野の成果を一堂に会する機会を提供し、情報交換を進めることを目的とする。異なる分野間の連携を発展させるための日本版地球・惑星深部研究グループ(J-SEDI）の形成に関わる講演も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SIT21-25] Low hydrogen contents in the cores of terrestrial planets

★Invited Papers

*Vincent Clesi[1]、Mohamed Ali Bouhifd[2]、Nathalie Bolfan-Casanova[2]、Geeth Manthilake[2]、Federica Schiavi[2]、Caroline Raepsaet[3]、Hélène Bureau[4]、Hicham Khodja[3]、Denis Andrault[2] (1.Laboratoire de Geologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENS-Lyon, 69622 Villeurbanne, France.、2.Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne, CNRS UMR 6524, OPGC–IRD, Campus Universitaire des Cézeaux, 6 Avenue Blaise Pascal, 63178 Aubière Cedex, France.、3.Laboratoire d'Etude des Eléments Légers, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France.、4.Institut de Minéralogie et de Physique de la Matière et de Cosmochimie, Sorbonne Universités, UMR CNRS-UPMC 7590, 4 place Jussieu, 75252 Paris, France.)

11:00 ~ 11:15

[SIT21-26] Discussion

*土屋 卓久[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SIT21-27] Fe_2S: the most iron-rich Fe-S compound at pressures of the inner core

*舘野 繁彦[1,2]、小澤 春香[2,3]、廣瀬 敬[1,4]、鈴木 敏弘[5] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.岡山大学惑星物質研究所、3.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター 、4.東京大学地球惑星科学専攻、5.東京大学地殻化学実験施設)

11:30 ~ 11:45

[SIT21-28] First-principles Investigation of Iron Diffusion Properties with Implications to Inner Core Plasticity

★Invited Papers

*Sebastian Ritterbex[1]、Taku Tsuchiya[1] (1.GRC Ehime University)

11:45 ~ 12:00

[SIT21-29] Dependence of the dipole component dominancy on the Rayleigh number and inner core size in geodynamo simulations

*西田 有輝[1]、加藤 雄人[1]、松井 宏晃[2]、松島 政貴[3]、熊本 篤志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis、3.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

12:00 ~ 12:15

[SIT21-30] Elasticity of Fe-Si Alloy

*土屋 卓久[1]、福永 優[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター)

Low hydrogen contents in the cores of terrestrial planets

*Vincent Clesi[1], Mohamed Ali Bouhifd[2], Nathalie Bolfan-Casanova[2], Geeth Manthilake[2], Federica Schiavi[2], Caroline Raepsaet[3], Hélène Bureau[4], Hicham Khodja[3], Denis Andrault[2]

1. Laboratoire de Geologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENS-Lyon, 69622 Villeurbanne, France., 2. Laboratoire Magmas et Volcans, Université Clermont Auvergne, CNRS UMR 6524, OPGC–IRD, Campus Universitaire des Cézeaux, 6 Avenue Blaise Pascal, 63178 Aubière Cedex, France., 3. Laboratoire d’ Etude des Eléments Légers, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France., 4. Institut de Minéralogie et de Physique de la Matière et de Cosmochimie, Sorbonne Universités, UMR CNRS-UPMC 7590, 4 place Jussieu, 75252 Paris, France.

The accretion of planets from primordial materials and their subsequent differentiation to form a core and a mantle are fundamental questions in terrestrial and solar system. Many of the questions about the processes are still open and much debated. For example, could the presenceof water during the metallic phase segregation affect the planet-accretion models? The existing studies on the elemental metal-silicate partitioning under hydrous conditions were extended recently to a range of P, T, f_{O2} and water content (5 - 20 GPa, 2000 - 2500 K, from 1 to 5 log units below the iron-wüstite buffer, and for X_{H2O} varying from 500 ppm to 1.5 wt%) [1]. These experimental results show that except for Fe, there is no effect of water on the partitioning of moderately siderophile elements. It allowed us to build consistent models of planetary accretion from reducing to oxidized conditions. Furthermore, for the range of water concentrations studied, there is no evidence of important hydrogen incorporation into planetary cores, thus making unlikely for hydrogen to be a major light element of the core as previsously assumed [2]. We report H metal-silicate partition coefficients of about 0.2, up to two orders of magnitude lower than reported previously, and indicative of lithophile behavior. Our results imply H content of ~60 ppm in the Earth and Martian cores [3].

[1] Clesi et al. (2016) Geochim. Cosmochim. Acta 192, 97-121.

[2] Okuchi, T. (1997) Science 278, 1781-1784.

[3] Clesi et al. (2018) Science Advances 4: e1701876

Keywords: Hydrogen, Core formation, Primitive Earth, Experimental Petrology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discussion

*土屋 卓久[1]
*Taku Tsuchiya[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

Discussion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fe_2S: the most iron-rich Fe-S compound at pressures of the inner core

*舘野 繁彦[1,2]、小澤 春香[2,3]、廣瀬 敬[1,4]、鈴木 敏弘[5]
*Shigehiko Tateno[1,2], Haruka Ozawa[2,3], Kei Hirose[1,4], Toshihiro Suzuki[5]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 岡山大学惑星物質研究所、3. 日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、4. 東京大学地球惑星科学専攻、5. 東京大学地殻化学実験施設
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 3. Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, 4. Department of Earth and Planetart Science, The University of Tokyo, 5. Geochemical Research Center, The University of Tokyo

Sulfur is considered to be one of the light elements in the Earth’s core as iron sulfides are universally found in iron meteorites. The phase diagram of the Fe–FeS system at the high-pressure and high-temperature (P-T) conditions of the core has particular importance to understand the composition and state of the Earth’s core. Because Fe3S is known as the most iron-rich Fe–S compound at > 20 GPa, the iron–sulfur core model has been discussed considering Fe and Fe_3S in the solid core. However, our previous experiment reveals that Fe_3S decomposes into S-bearing hcp-Fe and CsCl (B2)-type phase above ~250 GPa from X-ray diffraction measurements (XRD) (Ozawa et al., 2013 GRL). Furthermore, TEM analysis on the recovered sample exhibits that S-poor phase, likely to be a former hcp-Fe, coexisted with S-rich phase with >33.5 atm% S. Hence, the S-rich end-member compound has not been constrained under pressure more than 250 GPa. In order to re-investigated the phase relations in Fe-FeS system, we studied phase relations in Fe_2S at multi-megabar pressure range.

High P-T conditions were generated in a laser-heated diamond-anvil cell (DAC) using double-beveled diamond anvils with 40 or 60 μm culets. We used the Fe_2S phase as the starting material, which was synthesized beforehand at high pressures in a multianvil apparatus and confirmed by microprobe analysis. SiO_2 glass and MgO were used for thermal insulation and pressure calibration. We loaded such sample assembly as MgO/SiO_2-glass/Fe_2S/SiO_2-glass so that MgO was detached from an iron sample, in order to avoid possible chemical reaction at high temperature. Angle-dispersive XRD measurements were conducted at BL10XU, SPring-8. Heating was performed from both sides of the sample by employing a pair of 100 W Yb fiber lasers.

We performed three separate sets of experiments at pressures between from 120-310 GPa and temperature up to 3000 K. When we heated the Fe_2S sample being mostly amorphous by compression to 300 GPa at 300 K, the 20 new peaks appeared in a few minutes and became spotty with further heating. All peaks are assigned to the orthorhombic structure, which agrees well with Pnma symmetry phase proposed by the theoretical prediction (Bazhanova et al., 2017). This observation indicates that Fe_2S composition crystallizes as a single phase. In the following decompression and re-heating the sample, its stability was confirmed to be 150-310 GPa.

Our previous study (Mori et al., 2017 EPSL) reported that hcp-Fe and B2 phase crystallizes in Fe-6wt% S bulk composition at 270 GPa and 2400 K. Then, the peaks from the B2 phase become weak at further hearting. We re-analyzed the series of XRD datum, and found that such apparent weakening was caused due to the appearance of Fe_2S phase. Indeed, in the XRD patten collected at 3500 K, we confirmed that additional weak peaks from Pnma-Fe_2S were clearly visible and the reflection from the coexisting hcp-Fe phase became intense simultaneously. This indicates that stable phase assemblage in Fe-6wt% S bulk composition changes from hcp-Fe + B2-FeS into hcp-Fe + Pnma-Fe_2S. Hence, Fe_2S is the sulfur-rich end-member compound after the decomposition of Fe_3S at 250 GPa. The slope of eutectic melting curve

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

should have kink at the decomposition of Fe_3S. Also, pressure evolution of the eutectic composition should change as well. Since the extrapolation from lower pressure data <250 GPa is not available, higher P-T experiments are necessary to establish the phase diagram at the pressure of inner core boundary.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

First-principles Investigation of Iron Diffusion Properties with Implications to Inner Core Plasticity

*Sebastian Ritterbex[1], Taku Tsuchiya[1]

1. GRC Ehime University

The mechanical properties of Earth’ s inner core are key for understanding the evolution and dynamics of the core. However, little is known about the mechanical properties of iron (alloys) at inner core conditions. Therefore, long-standing questions remain open about the viscous strength of the inner core (Yoshida et al., 1996; Karato, 1999), about the origin of its seismic anisotropy (Deuss, 2014) and about its rotational dynamics (Buffett, 1997). All these issues rely on plastic deformation of the inner core, which is barely constrained.

Under extreme conditions of the Earth’ s deep interior, plasticity is expected to be rate limited by atomic diffusion. Experimental studies of diffusion in iron-nickel alloys at elevated P,T conditions finally rely on extrapolation to inner core conditions (Yunker and Van Orman, 2007; Reaman et al., 2012). Here, we investigate vacancy diffusion in iron at the appropriate inner core conditions. We use a density functional approach to calculate all quantities entering the diffusion coefficient, including the role of pressure and temperature, and quantify the self-diffusion coefficient of hcp iron according to transition state theory (TST).

Vacancy diffusion controls many deformation mechanisms such as dislocation creep, an effective strain producing mechanism in metals. We derived a creep model (based on Weertman, 1955 and Nabarro, 1967) to quantify the rate limiting bounds of climb-controlled dislocation creep in hcp iron to provide the first theoretical estimates of the inner core viscosity. Our results suggest an inner core viscosity that is significantly lower than that of Earth’ s mantle.

Keywords: Inner Core, Self-diffusion, Plasticity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dependence of the dipole component dominancy on the Rayleigh number and inner core size in geodynamo simulations

*西田 有輝[1]、加藤 雄人[1]、松井 宏晃[2]、松島 政貴[3]、熊本 篤志[1]
*Yuki Nishida[1], Yuto Katoh[1], Hiroaki Matsui[2], Masaki Matsushima[3], Atsushi Kumamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis、3. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Dept. of Earth and Planetary Sciences, University of California, Davis, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, School of Science, Tokyo Institute of Technology

Geomagnetic field is generated by a dynamo action in the fluid outer core. Studies of the thermochemical evolutions of the Earth's core suggest that the solid inner core has been growing up for approximately one billion years [e.g., O'Rourke and Stevenson, 2016]. Results of numerical dynamo simulations with various aspect ratios (ratios of inner to outer core radii) indicates that the sustained magnetic field is categorized into dipolar-dominated or non-dipolar-dominated regime [e.g., Hori et al., 2010; Driscoll, 2016]. However, any dominant factors controlling the regime have not been fully understood. In the present study, we perform dynamo simulations with various inner core radii using a geodynamo code Calypso to investigate the characteristics of the generated magnetic field. We fix the Ekman, Prandtl, and magnetic Prandtl numbers to be $E = 10^{-3}$, $Pr = 1$, and $Pm = 5$, respectively, and change the Rayleigh number and the aspect ratio to be $r_i/r_o = 0.15$, 0.25, and 0.35. Then we examine the dominancy of the dipole component in two approaches; one is calculating the dipolarity, f_{dip}, which is the ratio of the amplitude of the axial dipole magnetic field to the total amplitude, and the other is comparing magnetic energy for the dipole component with extrapolated magnetic energy for $l = 1$ using an exponential function for odd degree components from $l = 3$ to $l = 19$. The magnetic energy for the dipole component is compared with that extrapolated from the fitting curve.

In $r_i/r_o = 0.25$ and 0.35 cases, f_{dip} is approximately 0.8 at $Ra/Ra_{crit} \fallingdotseq 2.0$ and gradually decreases to approximately 0.45 with increase of Ra/Ra_{crit} up to around 6.0, where Ra_{crit} is the critical Rayleigh number. By referring to the obtained fitting curve, we find that the magnetic energy for the dipole component is more than 5 times larger than the extrapolated value for $l = 1$ at $Ra/Ra_{crit} \fallingdotseq 2.0$ and decreases with increase of Ra/Ra_{crit} in both aspect ratios. The dependency of the dipole component dominancy on the Rayleigh number is similar in both aspect ratio cases. However, in the $r_i/r_o = 0.15$ case, f_{dip} is approximately 0.4 at $Ra/Ra_{crit} \fallingdotseq 8.0$ and decreases to approximately 0.1 with increase of Ra/Ra_{crit} up to around 15.6. At $Ra/Ra_{crit} = 8.1$ and 9.0, the amplitude of the dipole component is comparable to extrapolated value from the fitting curves. At $Ra/Ra_{crit} > 10.1$, the magnetic energy for $l = 1$ component is smaller than that for the $l = 2$ component. Consequently, the magnetic field obtained in the simulation results is non-dipolar. To summarize above, we categorize the present dynamo simulations as shown in Figure 1. Here we define strong/weak dipolar dynamo by a condition that the magnetic energy is larger/smaller than the kinetic energy. The axial dipolar component becomes small in all three ratio cases for larger Rayleigh numbers. Non-dipolar components become larger for the smaller inner core. In other words, for $r_i/r_o < 0.35$, it is likely that the dipolar magnetic field is dominant for larger inner core.

キーワード：地球ダイナモ、内核サイズ、レイリー数、双極子成分
Keywords: Geodynamo, Inner core size, Rayleigh number, Dipole component dominancy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

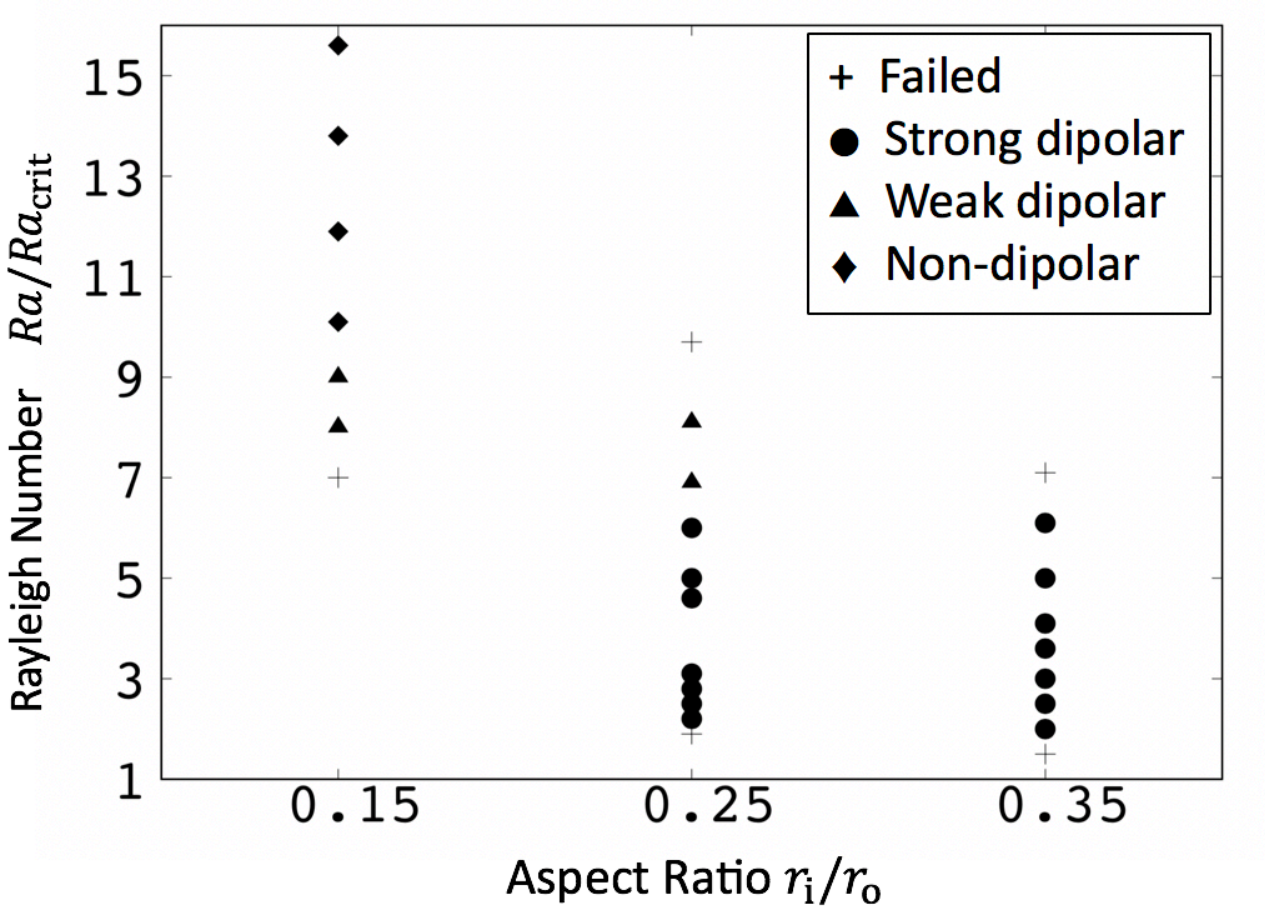


Figure 1 Dynamo regime in various aspect ratios. Cross, circle, triangle, and diamond symbols represent failed, strong dipolar, weak dipolar, and non-dipolar dynamo cases, respectively.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Elasticity of Fe-Si Alloy

*土屋 卓久[1]、福永 優[1]
*Taku Tsuchiya[1], Yu Fukunaga[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University

Earth’ s inner core (329~364 GPa and 5000~6000 K) is thought to be composed of solid Fe-Ni alloy with some unknown light elements (e.g., Mao et al., 1998). Thermoelasticity of iron alloys is therefore a key to interpreting seismological information of the inner core: density, seismic wave velocities, and their anisotropy. So far, several studies reported that pure hcp iron has a shear modulus distinctly larger than that of the inner core and a small P-wave anisotropy (e.g., Mao et al., 1998; Vocadlo et al., 2009). This large V_P/V_S ratio of the inner core is one of the remaining inexplicable features of the deep Earth, and it suggests the presence of mechanisms to lower the S-wave velocity in the inner core, such as a low-velocity component (Prescher et al., 2015), pre-melting effect (Martorell et al., 2013), anelasticity, and so on.

In this study, we perform ab initio molecular dynamics simulations on the thermoelasticity of alloy compositions including potential light element candidate of Si. Computations are conducted at the inner core P,T conditions. The obtained velocities, density and aggregate anisotropies are compared against seismological constraints, and we show the first evidential result on the suitable compositions to the inner core constituents, which can reproduce all of V_P, V_S, V_Φ, and ρ of the inner core simultaneously. We also report why Fe-Si alloy can have a large V_P/V_S ratio.

Research supported by KAKENHI .JPN15H05834.

キーワード：第一原理計算、高温高圧弾性特性、内核
Keywords: Ab initio density functional computation, High-P,T elasticity, Inner core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)

This JpGU-AGU joint session aims at bringing earth scientists from Japan and overseas to present their research related to the processes of oceanic and continent subduction, continent-continent collisions, metamorphism of crustal rocks, formation of the oceanic/continental arcs, and accretion/ tectonic erosion of material along subduction boundaries.

Topics such as role of the fore- and back-arcs in the subduction zones, process of accretion of volcaniclastic and terrigenous sediments along the subduction/collision boundaries, deformation and metamorphism of subducted crust, and exhumation will be the main focus of the session.

In addition to the above mentioned topics, our focus for the10th anniversary of this international session will be towards our understanding and progress on the ultrahigh-pressure/temperature metamorphic terranes in the world.

Exchange of ideas among geoscientists applying different approaches on problems related to the theme of the session are most welcome.

[SMP29-P01] 飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4] (1.成蹊大学、2.東北大学、3.サラマンカ大学、4.韓国KBSI)

[SMP29-P02] Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7] (1.岡山理科大学自然科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.岡山理科大学理学部、4.岡山理科大学生物地球学部、5.蒜山地質年代学研究所、6.島根大学名誉教授、7.モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所)

[SMP29-P03] Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[SMP29-P04] **Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke**

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P05] Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P06] **Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan**

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1] (1.鹿児島大学)

[SMP29-P07] **Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones**

*Nadezda Chertkova[1]、Shigeru Yamashita[2]、Hiroaki Ohfuji[1]、Tetsuo Irifune[1]、Hirokazu Kadobayashi[1]、Yoshitaka Yamamoto[3] (1.Ehime University, Geodynamics Research Center、2.Okayama University, Institute for Planetary Materials、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

[SMP29-P08] Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1]、Taehwan Kim[2]、Jungmin Kim[3] (1.Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute、2.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University、3.Earth and Environmental Sciences, Korea University)

[SMP29-P09] 初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.東北大学総合学術博物館、3.國立中正大学地球與環境科學系，臺灣)

[SMP29-P10] The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1]、Chang Whan Oh[1] (1.Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university)

[SMP29-P11] GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo)

[SMP29-P12] Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1] (1.USGS Earthquake Science Center)

飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代
Zircon U-Pb ages of metasedimentary rocks in the Hakogase (Hida Marginal) area, Fukui Prefecture.

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4]
*Atsushi MIYASHITA[1], Tatsuki Tsujimori[2], Daniel Pastor-Galán[3], Yi Keewook[4]

1. 成蹊大学、2. 東北大学、3. サラマンカ大学、4. 韓国KBSI
1. Seikei University, 2. Tohoku University, 3. Salamanca University, 4. Korea Basic Science Institue

変成堆積岩中の最も若い砕屑性ジルコンU-Pb年代は，堆積年代に近い年代を示している(Tsutsumi et al., 2009)．一方，変成堆積岩の白雲母K-Ar年代は，変成岩が上昇して変形が止り白雲母のK-Ar系が閉止した年代を示している(Itaya and Tsujimori, 2015)．このため，１つの試料で，この両者を測定すると，変成岩が堆積してから上昇までの年代差を測定することができ，沈み込み帯中での変成帯の移動速度を見積もることが可能になる．飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬(荷暮川)の変成堆積岩の白雲母K-Ar年代は，約285Maであることが知られている(椚座ほか，2004)．また，この変成苦鉄質岩と変成堆積岩にはローソン石レリックが知られている(宮川，1982)．今回，韓国KBSIのSHRIMP IIで測定した砂質変成堆積岩中の砕屑性ジルコンU-Pb年代のうち，最も若い年代は307Maであることが分かった．このことは，飛騨外縁帯変成堆積岩の堆積から上昇までの年代差は約20Maであることを示す．この値は三波川帯(Tsutsumi et al., 2009)とほぼ同じで，低温高圧型変成岩類の堆積から上昇までの年代差は共通である可能性を示している．

キーワード：低温高圧型変成岩、ジルコンU-Pb年代、白雲母K-Ar年代
Keywords: high P/T metamorphic rocks, Zircon U-Pb ages, Phengite K-Ar ages

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7]
*Takeshi Imayama[1], Yoichiro Koh[2], Kazumasa Aoki[3], Mototaka Saneyoshi[4], Koshi Yagi[5], Shogo Aoki[4], Yoshihiro Sawada[6], Chiaki Ikawa[5], Tomoya Terada[4], Shinobu Ishigaki[4], Shin Toyoda[3], Khishigjav Tsogtbaatar[7], Buuvei Mainbayar[7]

1. 岡山理科大学自然科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 岡山理科大学理学部、4. 岡山理科大学生物地球学部、5. 蒜山地質年代学研究所、6. 島根大学名誉教授、7. モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所
1. Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, 2. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 3. Faculty of Science, Okayama University of Science, 4. Faculty of Biosphere - Geosphere Science, Okayama University of Science, 5. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 6. Emeritus Professor of Shimane University, 7. Institute of Paleontology and Geology, Mongolian Academy of Sciences

The timing of final subduction and closure of the Palaeo-Asian Ocean is still controversial in the eastern segments of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB). A more detailed understanding is needed with respect to the formation of volcanic rocks and sediments associated with the final closure of the Palaeo-Asian Ocean in southern Mongolia. We investigated alkali series volcanic rocks newly discovered in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the CAOB and classified as basalt, basaltic trachyandesite, andesite, trachyandesite, and trachyte, mainly showing andesitic-dacitic compositions. In Harker diagrams, the TiO_2, FeO, MnO, Al_2O_3, CaO, and MgO contents generally decrease with increasing SiO_2, representing a series of differentiated volcanic rocks. The primitive mantle-normalized trace element spider diagram is characterized by incompatible element-rich patterns and negative Nb anomalies. The tectonic discrimination diagrams show that the volcanic rocks were formed by arc-related volcanism rather than within-plate volcanism. K-Ar dating of feldspars from six volcanic rocks yields ages ranging from 270 to 239 Ma, indicating that andesitic and dacitic magmatism occurred during this period. These geochemical and geochronological data indicate that the differentiated volcanic rocks intruding middle to late Palaeozoic volcanic sediments were formed by back-arc type subduction ca. 270–240 Ma. Based on detrital zircon U-Pb ages, the terrigenous sandstones underlain by the volcanic sediments record a maximum depositional age of Late Triassic (ca. 220–200 Ma) and include a main cluster of Early Devonian ages (ca. 410–390 Ma), possibly derived from the Devonian-Carboniferous arc complex observed surrounding this study area. These results from the volcanic and sedimentary rocks in this study, combined with investigations in previous studies, imply that subduction beneath the eastern segments of the CAOB to consume the Palaeo-Asian Ocean continued until Late Permian to Early Triassic.

キーワード：古アジア海、南モンゴル、中央アジア造山帯、背弧型火山活動
Keywords: Palaeo-Asian Ocean, southern Mongolia, Central Asian Orogenic Belt, back-arc type volcanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1]
*Takafumi Kimura[1], Kazuhito Ozawa[1]

1. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

Slab breakoff, detachment of oceanic lithosphere highly expected during arc-continent collision, is one of the important mechanisms inducing passive upwelling of the asthenosphere and magma generation in arc environments [1]. In order to better understand the mantle dynamics of slab breakoff, we need to use continuous geological record with high time resolution. In this study, we have extracted a record of temporal change of the magma generation depth from cumulates in an Ordovician arc ophiolite at a time resolution of several tens of million years.
The Hayachine-Miyamori Ophiolite, northern Japan, is one of the Ordovician ophiolite formed in an arc environment [2]. The ultramafic member was built up by three main magmatic stages, which are recorded in three rock units: Tectonite Member, Cumulate Member, and ultramafic dikes, in the order of formation ages. The last two units in the entire evolution of the ophiolite is explained by decompressional melting of sub-slab mantle triggered by slab breakoff [2][3]. The melting depth of an ultramafic magma solidified as dikes in the Cumulate Member is estimated to be ~170km [3]. Our recent field study clarified a large-scale stratification characterized by alternation of wehrlite-dominant and dunite-dominant layers in the Cumulate Member. Each layer has a thickness from several meters to ~1 km and, the total thickness attains ~3km. Moreover, we succeeded in specifying the strike and plunge of the gravity field to be ~N48°E and ~20°NE during the cumulate formation from field information and westward stratigraphic younging [4].
We estimated the temporal change of generation depth of parent magmas of the Cumulate Member by garnet signature in heavy rare earth elements (HREEs) as depth proxy. The information may constrain the mantle dynamics during the slab breakoff. We examined stratigraphic variation of HREE ratio at the core of clinopyroxenes over the thickness of ~2km in the Cumulate Member. The obtained variation of the Dy/Lu increases from ~12.9 to ~16.5 with increasing the stratigraphic height. We estimated the extent of melting in the garnet stability field increasing from ~50 to ~90% of the total melting by applying an open-system fractional melting model to reproduce the Dy/Lu variation.
We also estimated the time scale of formation of the Cumulate Member by using cm –10cm scale heterogeneity recorded in contact zone of intruded magma and the host. The profile of Mg# of olivine in xenoliths of the Tectonite Member occurring at the bottom of the Cumulate Member shows that the cooling time is less than several tens of million years [5]. The dunite of the Cumulate Member contacting the ultramafic dike shows a systematic decrease of Mg# from 90 to 86.8 over the distance of 54 mm towards the contact. We calculated the time scale of subsolidus diffusional exchange between the dunite and dike and obtained several tens of million years at ~1000℃. The host was kept at a high temperature when the dikes intruded because of the absence of chilled margin. We thus estimated time scale of formation of the Cumulate Member to be < several tens of million years.
We propose the following tectonic model in the Ordovician northern Japan on the basis of the above result. The slab breakoff took place at the depth slightly deeper than the boundary of spinel and garnet stability fields (~80 km) and induced counter flow and adiabatic melting of the sub-slab mantle. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

melting depth deepened down to ~170 km on the time scale of several tens of million years, which corresponds to the time scale to complete the slab breakoff. The sinking velocity of the slab is more than a few millimeters per year.

[1]: Davies et al., 1995. [2]: Ozawa et al., 2015. [3],[4]: Kimura et al., 2017, 2018, JpGU abstract. [5]: Ozawa, 1983.

キーワード：スラブ断裂、島弧オフィオライト、集積岩
Keywords: slab breakoff, arc ophiolite, cumulate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2]
*Tomomi Hara[1], Tatsuki Tsujimori[1], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Since bulk isotopic composition of oceanic basalt is susceptible to element remobilization during alteration process, there is a risk of causing misread of geochemical signatures from bulk metabasaltic rocks in subduction complex. As Hara et al. (2018) demonstrated, however, *in-situ* Sr-Pb isotope analysis of lawsonite in high-pressure metabasaltic rocks has a great potential for tracing the geochemical signatures reflecting the igneous protolith. In this study, we have applied the method to lawsonite in metasedimentary rocks to explore clastic components of a trench-fill sediment. A jadeite-bearing Franciscan metagreywacke from Pacheco Pass area, east-central Diablo Range, California Coast Ranges was selected for geochemical reconnaissance.

Lawsonites in the Franciscan metagreywacke record a high initial Pb isotope ratios ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 18.74–19.66, $^{207}Pb/^{204}Pb$ = 15.58–15.70 and $^{208}Pb/^{204}Pb$ = 38.41–39.34). This Pb-isotope signature suggests that a protolith of the metagreywacke have contained a debris derived from a HIMU-type basalt. Considering the maximum depositional age of the metagreywacke at ~102 Ma, the underflow of the Farallon Plate beneath continental crust of the North American Plate would have carried a HIMU seamount to a Franciscan trench.

Our study has demonstrated the potential application of 'lawsonitology' as sedimentary provenance analyses for metamorphosed accretionary complex. Moreover, the results would manifest that Pb isotopic signature of ancient oceanic basalt can be detectable from Ca-Al silicate mineral, such as lawsonite, epidote and pumpellyite, in metamorphic rocks.

キーワード：ローソン石、Sr-Pb 同位体、LA-MC-ICPMS、HIMU、変成堆積岩
Keywords: Lawsonite, Sr-Pb isotope, LA-MC-ICPMS, HIMU, Metasediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2]
*Chinatsu Yamada[1], Tatsuki Tsujimori[1], King Chang[2], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. Japan Aegency for Marine-Earth Science and Technology

Boron isotope study of serpentinites in the Franciscan Complex using an ablation volume correction (AVC) LA-MC-ICPMS discriminates two groups (Yamada et al., 2018 JpGU abstr.; Yamada et al. 2019, in press). Serpentinites associated with blueschists are characterized by lighter boron isotope than serpentinites without blueschist-facies rocks. The lighter boron isotope signature (< ~10 ‰) of blueschist-bearing serpentinites results from interaction with forearc slab fluids with low δ^{11}B in deeper depth. In order to evaluate the versatility of B isotopes and composition of high-pressure metamorphosed serpentinites, we investigated antigorite serpentinites associated with three different type of high-pressure metamorphic rocks in the Itoigawa–Omi area.

The investigated serpentinites can be grouped into two types based on the B isotopes. Antigorite serpentinite with blueschist- and eclogite-facies metamorphic rocks in the Yunotani Valley is characterized by moderate boron (12.5–48.4 $\mu g \cdot g^{-1}$) and lower δ^{11}B (+6.6 to +12.3‰ [mostly smaller than +8‰]; n= 10); Brucite-bearing antigorite serpentinite with barroisite-bearing mafic schist in the Kotaki-gawa River is characterized by very high boron (37.5 –302 $\mu g \cdot g^{-1}$) and lower δ^{11}B (+5.8 to +10.7‰ [mostly smaller than +8‰]; n= 10). In contrast, antigorite serpentinite with garnet amphibolite in the Omi-gawa River is characterized by a wide range of boron (9.1–145 $\mu g \cdot g^{-1}$) and relatively high δ^{11}B (+11.5 to + 14.8 ‰; n= 10).

Our preliminary reconnaissance shows significantly lower δ^{11}B (smaller than +8‰) in antigorite serpentinites of the 'Eclogite Unit' proposed by Tsujimori (2002). This trend is consistent with our earlier study in the Franciscan Complex. The antigorite serpentinites in the 'Eclogite Unit' might have been affected by a deep forearc slab fluids.

キーワード：蛇紋岩、ホウ素同位体、沈み込み帯
Keywords: Serpentinite, boron isotope, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1]
*Nakabayashi Marimo[1], REHMAN Ur Hafiz[1]

1. 鹿児島大学
1. Kagoshima University

The Miocene granodiorite body (zircon fission track age by Miyachi, 1985) of the Mount Shibi, Kagoshima prefecture is a lenticular stock that intrudes the Cretaceous sedimentary rocks of the Shimanto belt. Previous studies subdivided the granodiorite body into the Kusu-bae (core facies) and Hira-bae (marginal facies) types based on the changes in litho-facies and distinct chemical composition of biotite and amphibole (Yamamoto et al., 1988). We conducted field survey in the study area and found no clear contrasts to sub-divide the body, instead it represents a single pluton with local chemical variation along the marginal portions. Based on detailed petrography, the entire body appears as homogeneous stock exhibiting identical mineral assemblage with no clear evidence that can mark the boundary between Kusu-bae and Hira-bae types. Moreover, to understand the processes of magmatic crystallization we investigated more than 600 zircon grains from about 8 samples for external (applying the zircon morphology method of Pupin, 1980) and internal morphology using the Cathodoluminescence imaging. Based on the Pupin’ s method, the deduced temperature range for the zircon crystallization was between 750 and 850℃. In addition, internal structures of zircon (CL images) showed oscillatory zoning with continuous growth domains and abundant apatite inclusions, suggesting the magma was fluid-rich and have been crystallized under relatively higher temperature. We also investigated zircons from the surrounding hornfels (Shimanto belt rocks) that were affected thermally due to the contact metamorphism. Zircons from the hornfels are completely different and rounded with different internal structures. Zircons from the so-called Kusu-bae and Hira-bae types are identical and suggest their crystallization from a single parental magma hence the pluton cannot be sub divisible.

References
Miyachi M. (1985). Fission track ages of some granitic rocks in Outer Zone ofKyushu, Japan. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 80, 406-409.
Pupin J. P. (1980). Zircon and granite petrology. Contribution to Mineralogy and Petrology 73, 207-220.
Yamamoto M., Oniwa N., Toyota K. (1988). Compositional Variation of the Shibi-san Granodioraite Body, Kagoshima Prefecture, Japan. Bulletin of the Kagoshima University Science Faculty 21, 35-49.

キーワード：ジルコン、花崗閃緑岩、結晶形態
Keywords: zircon, granodiorite, crystal shape

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones

*Nadezda Chertkova[1], Shigeru Yamashita[2], Hiroaki Ohfuji[1], Tetsuo Irifune[1], Hirokazu Kadobayashi[1], Yoshitaka Yamamoto[3]

1. Ehime University, Geodynamics Research Center, 2. Okayama University, Institute for Planetary Materials, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The presence of volatile components controls melting relationships in the subducting oceanic plate and the overlying mantle wedge, affecting their physical properties and seismic observables. The major volatile species in the mantle low oxygen fugacity environment are considered to be H_2O and CH_4, as estimated for mantle xenoliths and C-O-H fluid speciation in equilibrium with diamond [1,2]. Experimental studies with the direct monitoring of phase assemblages and melting relationships in the silicate systems with C-O-H components can shed light on the processes, which take place in the subduction zones, and provide important data for interpretation of observed physical parameters.
In this study, we employed *in situ* spectroscopic methods in combination with the diamond anvil cell (DAC) technique for investigation of C-O-H fluid behavior and its influence on phase relationships in the eclogite–$5.75H_2O$–CH_4 system at temperatures up to 1000 degree C and pressures exceeding 5 GPa. We designed a new cell assembly for Mao-type symmetric diamond anvil cell with large optical access to the sample in order to make it suitable for infrared and Raman measurements directly at high-pressure and high-temperature conditions. Mineral phase assemblages, observed during experiments, are consistent with those described in the dry system of the similar basaltic composition [3]. At the same time, miscibility between aqueous and carbonaceous components in the fluid phase coexisting with silicate minerals was confirmed at temperatures above 800 degree C and pressures above 3.2 GPa.

References

[1] Shirey, S.B., Cartigny, P., Frost, D.J., Keshav, S., Nestola, F., Nimis, P., Pearson, D.G., Sobolev, N.V. and Walter, M.J. (2013) *Rev. Mineral. Geochem.*, **75**, 355-421.
[2] Belonoshko, A. and Saxena, S. (1992) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 3611-3626.
[3] Yasuda, A., Fujii, T. and Kurita, K. (1994) *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, **99**, 9401-9414.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1], Taehwan Kim[2], Jungmin Kim[3]

1. Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute, 2. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, 3. Earth and Environmental Sciences, Korea University

Layered structures in metamorphic rocks are sometimes crucial to occur strain localization then affect to seismic properties. We conducted microstructural analyses omphacite and garnet in foliated eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica, to determine the influence of the layered structure on seismic observations in subduction zone. The analyzed eclogite, composed of layered garnet-rich and omphacite-rich layers, shows the low aspect ratios, similar angular distribution of long axes relative to the foliation, uniform grain size distribution, near-random crystallographic preferred orientations (CPOs), and misorientation angle distributions of garnet and opposite characteristics of omphacite in both layers. The results of fabric analyses are consistent with strain localization into omphacite or omphacite-rich layers rather than garnet or garnet-rich layers. Our results therefore demonstrate the importance of the layered structure in strain localization and in the development of the seismic anisotropies of subducting oceanic crust.

Keywords: Eclogite, EBSD, Layered structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出
Primordial Apatite from Ophiolite in Taiwan

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3]
*Nobuaki Niitsuma[1], Reishi Takashima[2], Yuan Hsi Lee[3]

1. 静岡大学理学部地球科学教室、2. 東北大学総合学術博物館、3. 國立中正大学地球與環境科學系，臺灣
1. Institute of Geosciences,Shizuoka University, 2. Tohoku University Museum, 3. National Chung-Cheng University, Taiwan

Apatite is a common accessory mineral in igneous rocks. Because apatite has a wide range of trace element compositions as well as strong resistance to diagenetic alteration, the trace element composition of apatite has been used for tracing petrogenetic processes of plutonic bodies as well as the tephrochronology of Paleozoic tephras and Quaternary volcaniclastic deposits.

We studied trace element compositions of apatites from Ophiolite in Taiwan. The Ophiolite with mafic-ulatramafic rocks (150811-14) expose along the anticlinal axes of the metamorphic belts in Backbone Range of Taiwan, and exotic gabbro block (MA-15B) in chaotic deposits of Lichi Melange, in the southern end of Longitudinal Valley, in East Taiwan.

Lee (2015 JpGU; Chen et al., 2017 Tectonics) reported that zircon ages of Ophiolites in Taiwan are concentrated to 15 Ma, which should relate with termination of spreading in South China Sea and Shikoku & Parece Vela Basin just before Japan Sea Opening, and large scale igneous activities in the Outer Zone of Southwest Japan just after Japan Sea Opening (Niitsuma & Lee, 2018 JpGU).

Fifteen and twelve apatite phenocrysts from samples of MA-15B and 150811-14 were analyzed for major and minor elements using a JEOL 8530F wavelength dispersive Electron Probe Micro Analyzer (Takashima et al., 2017 Quaternary Geochronology) in weight % as follow;
__major elements: P=17.956 +/-0.100, 17.926 +/-0.129
_____Ca=38.362 +/-0.329, 38.128 +/-0.273
_____F=1.082+/-0.151, 0.445+/-0.046
__trace elements: Cl<0.01, 0.04 Mg<0.01, 0.01 Mn<0.04, 0.05
_____Fe<0.03, 0.17 Ce<0.09, 0.05 Y<0.13, 0.04

The contents of trace elements are extremely low and we concluded the apatite might be primordial without any contaminations and petrogenetic effect, and crystallized directly in the magma above rifted mantle along the northwestern margin of West Philippine Basin just before Japan Sea Opening.

キーワード：燐灰石、微量成分、オフィオライト、台湾、日本海拡大
Keywords: Apatite, trace element , Ophiolite, Taiwan, Opening of Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1], Chang Whan Oh[1]

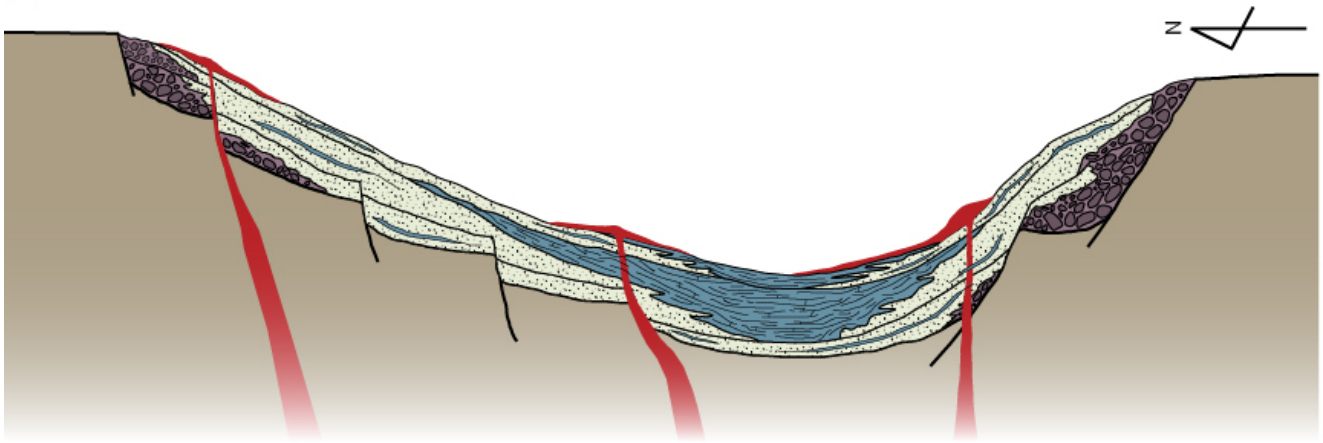
1. Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university

The Jinan Basin is one of the Cretaceous pull-apart basins in the South Korea. It locates along the Yongdong-Gwangju fault system and consists of non-marine sediments with volcanic and pyroclastic rocks. The sinistral strike slip movement which formed the Cretaceous pull apart basins was occurred by the collision between Siberian and Manchuria blocks at ca. 130~100Ma. LA-MC-ICPMS age dating on the zircons from sedimentary and igneous rocks indicates followings. The sedimentation in the Jinan Basin had started at least from 97.7Ma and continued until 89.47Ma. During the sedimentation, basaltic andesite extruded at 90-92 Ma and later rhyolitc and andesitic magma intruded the Jinan Basin at 90-89 Ma and 85-84 Ma respectively. Later the Jinan Basin uplifted to form Noryeong mountain range due to the compression which was related with dextral strike slip fault movement. This fault movement is expected to be caused by the collision between Indian plate and Eurasian plate at ca. 55~25Ma. AFT(Apatite Fission Track) age from sediments in the Jinan Basin is approximately 68Ma. Due to the formation of Noryeong mountain range, the *Coreoleuciscus splendidus* was differentiated into two species, these two species of *Coreoleuciscus splendidus* have the same ancestors at around 38Ma. These data indicate that the Noryeong mountain range including the Jinan Basin are expected to have uplifted at around 68-38Ma. Rhyolitic volcanic rocks in and around the Jinan Basin are plotted on the VAG (Volcanic Arc Granite) field and basaltic to intermediated volcanic rocks are plotted on the CAB (Calc-Alkaline Basalt) and WPB (WIthin Plate Basalt) fields in the tectonic discrimination diagrams. There was a roll back of subduction zone toward Pacific ocean at ca. 100 Ma. These data suggest that the igneous rocks in the Jinan Basin formed by the mantle upwelling due to extension caused by the roll back of subduction zone. The upwelling asthenospheric mantle supplied heat which caused the felsic magma by the melting of the lithospheric mantle and crust which had been contaminated by crustal material supplied from subducting sediment or ocean before roll back of the subduction zone. The upwelling asthenospheric mantle was also melted to form basaltic magma. The deep faults formed by sinistral strike slip movement around the Jinan Basin at the Cretaceous, gave the path toward surface for the magma at deep depth.

Keywords: Jinan Basin, pull-apart basin, Igneous rock, Cretaceous

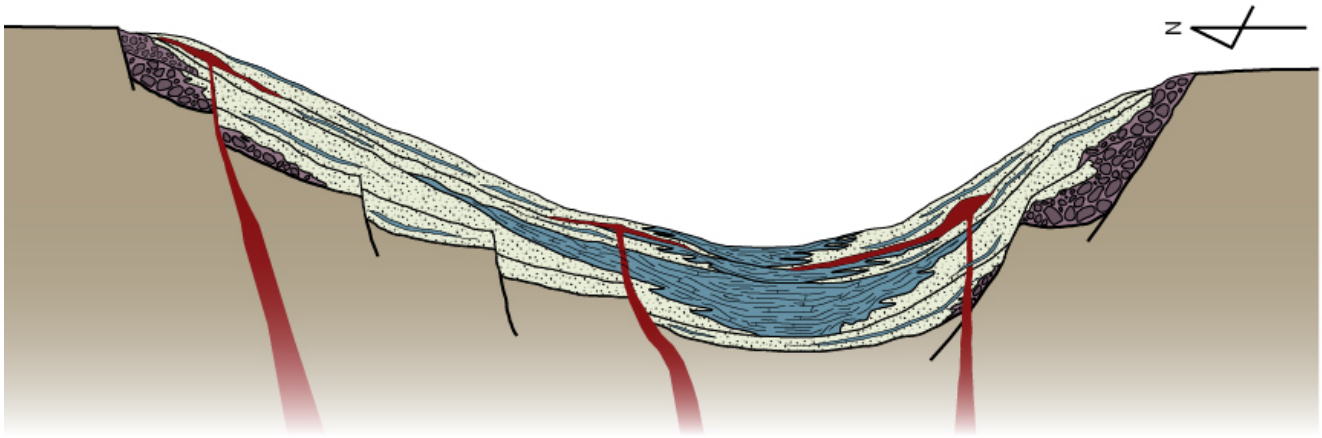
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(a) ca. 97 ~90 Ma.



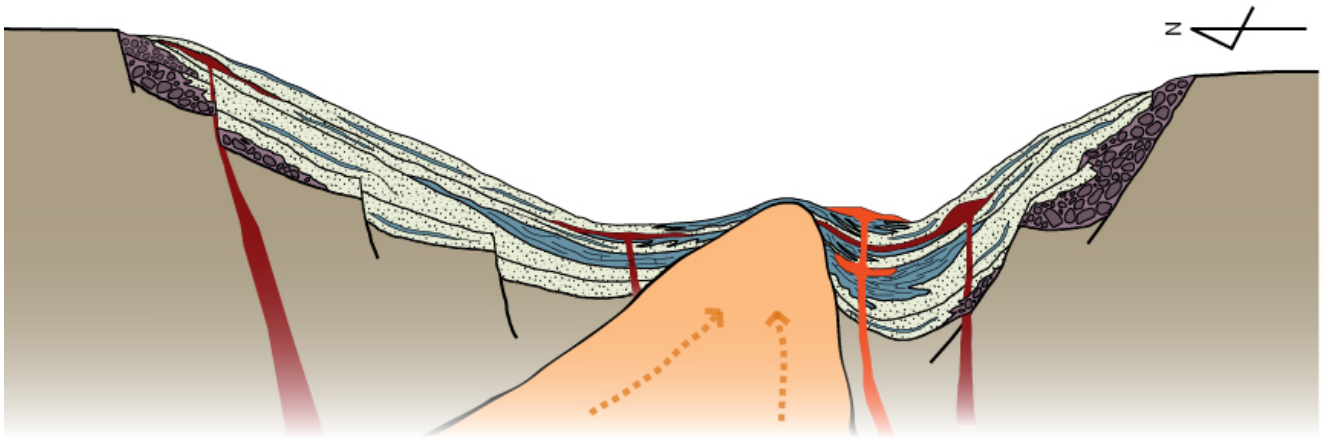
Deposition of lower part sedimentary rocks in the Jinan Basin(97~92 Ma) with extrusion of basaltic andesite(92~90 Ma)

(b) ca. 90 ~89 Ma.



Deposition of upper part sedimentary rocks on the lower part sedimentary rocks and basaltic andesite extrusive volcanic rocks

(c) ca. 89 ~84 Ma.



Intrusion and extrusion of rhyolite(ca. 89Ma) with late intrusion of andesitic volcanic rocks(ca. 84Ma)

Intrusive andesitic volcanic rocks
Rhyolite
Basalt and basaltic andesite
Conglomerate
Sandstone
Shale or mudstone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1], Noriyoshi Tsuchiya[1], Masaoki Uno[1], Yukio Isozaki[2], Uyanga Bold[2], Hikaru Sawada[2]

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo

The southeast Mongolia has become a major survey area for unraveling the Paleozoic tectonic evolution because Mongolia occupies the central part of the CAOB which is enormous and composed of a multiplicity of terranes including ancient island and continental arcs, ophiolites, passive continental margins, Precambrian continental blocks and high-T/low-P metamorphic zones and where porphyry Cu deposits occur. The late Paleozoic magmatic rocks are widely distributed in the Mandakh area which is located in the Curvansaikhan and Manlai terrains, in the southeast Mongolia. We will discuss petrochemical features, mineral assemblage and new geochronological constrain of magmatic rocks in the Mandakh area. Furthermore, we compared petrochemical characteristics of the Mandakh area with Tampakan deposit (Philippines), Cerro Colorado deposit (Chili) and negative criteria of Cu deposits (Japan) in order to characterize potential of the porphyry copper deposit in Mandakh area.

The Mandakh area’ s igneous rocks the geochemical features are calc-alkaline, magnetite-series, I type and similar to adakite type. The Devonian intrusive rocks comprised of syenite and syenogranite, while the Carboniferous intrusive rocks consist of granodiorite, monzodiorite, quartz-monzonite and hornblende granite. Devonian magmatic rocks are more alkali in composition. Although Devonian and Carboniferous igneous rocks in the Mandakh area are a little different each other, these igneous rocks are possibility copper deposits as suggested by petrochemical comparisions with bonanza copper deposits in the world.

Keywords: Petrochemistry, Geochoronology, Southeastern Mongolia, Porphyry Copper deposits

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1]

1. USGS Earthquake Science Center

A growing body of evidence from the Cascadia subduction zone in the U.S. Pacific Northwest suggests that there are significant feedbacks among the offshore upper-plate material properties, geologic and geomorphic structures, seismic shaking, sediment redistribution, and mega-thrust slip behaviors. Analyses of seafloor seismic data show that the thick accretionary wedge sediments amplify and prolong shaking by low-frequency seismic waves and attenuate high frequencies (Gomberg, 2018). This strong contrast in shaking feeds back into reshaping the sediments, by controlling where they are likely to be destabilized and redistributed by shaking. Analyses of submarine landslide morphology and numerical modeling of slope strength suggest that different feedbacks, perhaps related to shaking-induced sediment compaction, may actually make sediments stronger (ten Brink et al., 2016; Scholz et al., 2016). Understanding of these contrasting influences in turn feeds into interpretations of turbidites as proxies for paleo-earthquakes, and hazard assessments based on earthquake recurrence models derived from them; for example, regions with greater numbers of turbidites may reflect permanent features of the shaking that are more suitable to trigger failure, but may be interpreted as indicative of a greater rate of earthquakes. Abrupt strike-perpendicular changes in shaking characteristics, apparent along most of the length of the margin, coincide with sharp gradients in topography and structure along the edge of the continental shelf. This same apparent boundary along the shelf-edge also coincides with concentrations of methane bubble plumes, with gas characteristics indicative of origins within the accretionary prism. One explanation is that the shelf is bounded by faults that connect with the megathrust and act as conduits for gas extrusion, some of which may connect with the megathrust directly or indirectly. This suggests another feedback, as structural changes promote or are caused by faulting, which itself permits pore pressure changes that modify the potential for additional faulting. Taken together, the aforementioned correlations and others observed between areas of non-volcanic tremor with gravity lows, crustal faulting patterns, and marginal basins, imply feedbacks between processes along the megathrust and upper plate structure (Wells et al., 2017). To reduce the degree of speculation about some of these feedbacks, several major experiments are planned and underway. These experiments, to be summarized in this presentation, will image the margin structure with sufficient resolution to identify and characterize faults, map changes in material properties, and more, along nearly the entire length of the Cascadia margin.

Gomberg, J. (2018). Cascadia onshore- offshore site response, submarine sediment mobilization, and earthquake recurrence. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 1381–1404. https://doi.org/10.1002/2017JB014985
Johnson, H. P., Miller, U. K., Salmi, M. S., & Solomon, E. A. (2015). Analysis of bubble plume distributions to evaluate methane hydrate decomposition on the continental slope. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 16, 3825–3839. https://doi.org/10.1002/2015GC005955
Scholz, N. A., Riedel, M., Urlaub, M., Spence, G. D., & Hyndman, R. D. (2016). Submarine landslides offshore Vancouver Island along the northern Cascadia margin, British Columbia: Why preconditioning is likely required to trigger slope failure. Geo-Marine Letters, 36(5), 323–337. https://doi.org/10.1007/s00367-016-0452-8
ten Brink, U. S., Andrews, B. D., & Miller, N. C. (2016). Seismicity and sedimentation rate effects on submarine slope stability. Geology, 44(7), 563–566. https://doi.org/10.1130/G37866.1
Wells, R.E., R.J. Blakely, A.G. Wech, P.A. McCrory, and A. Michael (2017). Cascadia subduction tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

muted by crustal faults, Geology, 45(6), 515-518, doi:10.1130/G38835.1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_32

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)

This JpGU-AGU joint session aims at bringing earth scientists from Japan and overseas to present their research related to the processes of oceanic and continent subduction, continent-continent collisions, metamorphism of crustal rocks, formation of the oceanic/continental arcs, and accretion/ tectonic erosion of material along subduction boundaries.

Topics such as role of the fore- and back-arcs in the subduction zones, process of accretion of volcaniclastic and terrigenous sediments along the subduction/collision boundaries, deformation and metamorphism of subducted crust, and exhumation will be the main focus of the session.

In addition to the above mentioned topics, our focus for the10th anniversary of this international session will be towards our understanding and progress on the ultrahigh-pressure/temperature metamorphic terranes in the world.

Exchange of ideas among geoscientists applying different approaches on problems related to the theme of the session are most welcome.

[SMP29-P01] 飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4] (1.成蹊大学、2.東北大学、3.サラマンカ大学、4.韓国KBSI)

[SMP29-P02] Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7] (1.岡山理科大学自然科学研究所、2.北海道大学大学院環境科学院、3.岡山理科大学理学部、4.岡山理科大学生物地球学部、5.蒜山地質年代学研究所、6.島根大学名誉教授、7.モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所)

[SMP29-P03] Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[SMP29-P04] **Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke**

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P05] Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[SMP29-P06] **Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan**

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1] (1.鹿児島大学)

[SMP29-P07] **Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones**

*Nadezda Chertkova[1]、Shigeru Yamashita[2]、Hiroaki Ohfuji[1]、Tetsuo Irifune[1]、Hirokazu Kadobayashi[1]、Yoshitaka Yamamoto[3] (1.Ehime University, Geodynamics Research Center、2.Okayama University, Institute for Planetary Materials、3.National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

[SMP29-P08] Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1]、Taehwan Kim[2]、Jungmin Kim[3] (1.Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute、2.School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University、3.Earth and Environmental Sciences, Korea University)

[SMP29-P09] 初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3] (1.静岡大学理学部地球科学教室、2.東北大学総合学術博物館、3.國立中正大学地球與環境科學系，臺灣)

[SMP29-P10] The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1]、Chang Whan Oh[1] (1.Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university)

[SMP29-P11] GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1]、Noriyoshi Tsuchiya[1]、Masaoki Uno[1]、Yukio Isozaki[2]、Uyanga Bold[2]、Hikaru Sawada[2] (1.Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University、2.Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo)

[SMP29-P12] Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1] (1.USGS Earthquake Science Center)

飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬の変成堆積岩中のジルコンU-Pb年代
Zircon U-Pb ages of metasedimentary rocks in the Hakogase (Hida Marginal) area, Fukui Prefecture.

*宮下 敦[1]、辻森 樹[2]、Daniel Pastor-Galán[3]、Yi Keewook[4]
*Atsushi MIYASHITA[1], Tatsuki Tsujimori[2], Daniel Pastor-Galán[3], Yi Keewook[4]

1. 成蹊大学、2. 東北大学、3. サラマンカ大学、4. 韓国KBSI
1. Seikei University, 2. Tohoku University, 3. Salamanca University, 4. Korea Basic Science Institue

変成堆積岩中の最も若い砕屑性ジルコンU-Pb年代は，堆積年代に近い年代を示している(Tsutsumi et al., 2009)．一方，変成堆積岩の白雲母K-Ar年代は，変成岩が上昇して変形が止り白雲母のK-Ar系が閉止した年代を示している(Itaya and Tsujimori, 2015)．このため，１つの試料で，この両者を測定すると，変成岩が堆積してから上昇までの年代差を測定することができ，沈み込み帯中での変成帯の移動速度を見積もることが可能になる．飛騨外縁帯(伊勢)箱ヶ瀬(荷暮川)の変成堆積岩の白雲母K-Ar年代は，約285Maであることが知られている(椚座ほか，2004)．また，この変成苦鉄質岩と変成堆積岩にはローソン石レリックが知られている(宮川，1982)．今回，韓国KBSIのSHRIMP IIで測定した砂質変成堆積岩中の砕屑性ジルコンU-Pb年代のうち，最も若い年代は307Maであることが分かった．このことは，飛騨外縁帯変成堆積岩の堆積から上昇までの年代差は約20Maであることを示す．この値は三波川帯(Tsutsumi et al., 2009)とほぼ同じで，低温高圧型変成岩類の堆積から上昇までの年代差は共通である可能性を示している．

キーワード：低温高圧型変成岩、ジルコンU-Pb年代、白雲母K-Ar年代
Keywords: high P/T metamorphic rocks, Zircon U-Pb ages, Phengite K-Ar ages

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean

*今山 武志[1]、國府 陽一郎[2]、青木 一勝[3]、實吉 玄貴[4]、八木 公史[5]、青木 翔吾[4]、澤田 順弘[6]、猪川 千晶[5]、寺田 智也[4]、石垣 忍[4]、豊田 新[3]、Tsogtbaatar Khishigjav[7]、Mainbayar Buuvei[7]
*Takeshi Imayama[1], Yoichiro Koh[2], Kazumasa Aoki[3], Mototaka Saneyoshi[4], Koshi Yagi[5], Shogo Aoki[4], Yoshihiro Sawada[6], Chiaki Ikawa[5], Tomoya Terada[4], Shinobu Ishigaki[4], Shin Toyoda[3], Khishigjav Tsogtbaatar[7], Buuvei Mainbayar[7]

1. 岡山理科大学自然科学研究所、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 岡山理科大学理学部、4. 岡山理科大学生物地球学部、5. 蒜山地質年代学研究所、6. 島根大学名誉教授、7. モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所
1. Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science, 2. Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, 3. Faculty of Science, Okayama University of Science, 4. Faculty of Biosphere - Geosphere Science, Okayama University of Science, 5. Hiruzen Institute for Geology and Chronology, 6. Emeritus Professor of Shimane University, 7. Institute of Paleontology and Geology, Mongolian Academy of Sciences

The timing of final subduction and closure of the Palaeo-Asian Ocean is still controversial in the eastern segments of the Central Asian Orogenic Belt (CAOB). A more detailed understanding is needed with respect to the formation of volcanic rocks and sediments associated with the final closure of the Palaeo-Asian Ocean in southern Mongolia. We investigated alkali series volcanic rocks newly discovered in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the CAOB and classified as basalt, basaltic trachyandesite, andesite, trachyandesite, and trachyte, mainly showing andesitic-dacitic compositions. In Harker diagrams, the TiO_2, FeO, MnO, Al_2O_3, CaO, and MgO contents generally decrease with increasing SiO_2, representing a series of differentiated volcanic rocks. The primitive mantle-normalized trace element spider diagram is characterized by incompatible element-rich patterns and negative Nb anomalies. The tectonic discrimination diagrams show that the volcanic rocks were formed by arc-related volcanism rather than within-plate volcanism. K-Ar dating of feldspars from six volcanic rocks yields ages ranging from 270 to 239 Ma, indicating that andesitic and dacitic magmatism occurred during this period. These geochemical and geochronological data indicate that the differentiated volcanic rocks intruding middle to late Palaeozoic volcanic sediments were formed by back-arc type subduction ca. 270–240 Ma. Based on detrital zircon U-Pb ages, the terrigenous sandstones underlain by the volcanic sediments record a maximum depositional age of Late Triassic (ca. 220–200 Ma) and include a main cluster of Early Devonian ages (ca. 410–390 Ma), possibly derived from the Devonian-Carboniferous arc complex observed surrounding this study area. These results from the volcanic and sedimentary rocks in this study, combined with investigations in previous studies, imply that subduction beneath the eastern segments of the CAOB to consume the Palaeo-Asian Ocean continued until Late Permian to Early Triassic.

キーワード：古アジア海、南モンゴル、中央アジア造山帯、背弧型火山活動
Keywords: Palaeo-Asian Ocean, southern Mongolia, Central Asian Orogenic Belt, back-arc type volcanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mantle dynamics of slab breakoff constrained from the temporal change of the melting depth estimated from the Cumulate Member of the Ordovician Hayachine-Miyamori Ophiolite

*木村 皐史[1]、小澤 一仁[1]
*Takafumi Kimura[1], Kazuhito Ozawa[1]

1. 東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo

Slab breakoff, detachment of oceanic lithosphere highly expected during arc-continent collision, is one of the important mechanisms inducing passive upwelling of the asthenosphere and magma generation in arc environments [1]. In order to better understand the mantle dynamics of slab breakoff, we need to use continuous geological record with high time resolution. In this study, we have extracted a record of temporal change of the magma generation depth from cumulates in an Ordovician arc ophiolite at a time resolution of several tens of million years.
The Hayachine-Miyamori Ophiolite, northern Japan, is one of the Ordovician ophiolite formed in an arc environment [2]. The ultramafic member was built up by three main magmatic stages, which are recorded in three rock units: Tectonite Member, Cumulate Member, and ultramafic dikes, in the order of formation ages. The last two units in the entire evolution of the ophiolite is explained by decompressional melting of sub-slab mantle triggered by slab breakoff [2][3]. The melting depth of an ultramafic magma solidified as dikes in the Cumulate Member is estimated to be ~170km [3]. Our recent field study clarified a large-scale stratification characterized by alternation of wehrlite-dominant and dunite-dominant layers in the Cumulate Member. Each layer has a thickness from several meters to ~1 km and, the total thickness attains ~3km. Moreover, we succeeded in specifying the strike and plunge of the gravity field to be ~N48°E and ~20°NE during the cumulate formation from field information and westward stratigraphic younging [4].
We estimated the temporal change of generation depth of parent magmas of the Cumulate Member by garnet signature in heavy rare earth elements (HREEs) as depth proxy. The information may constrain the mantle dynamics during the slab breakoff. We examined stratigraphic variation of HREE ratio at the core of clinopyroxenes over the thickness of ~2km in the Cumulate Member. The obtained variation of the Dy/Lu increases from ~12.9 to ~16.5 with increasing the stratigraphic height. We estimated the extent of melting in the garnet stability field increasing from ~50 to ~90% of the total melting by applying an open-system fractional melting model to reproduce the Dy/Lu variation.
We also estimated the time scale of formation of the Cumulate Member by using cm –10cm scale heterogeneity recorded in contact zone of intruded magma and the host. The profile of Mg# of olivine in xenoliths of the Tectonite Member occurring at the bottom of the Cumulate Member shows that the cooling time is less than several tens of million years [5]. The dunite of the Cumulate Member contacting the ultramafic dike shows a systematic decrease of Mg# from 90 to 86.8 over the distance of 54 mm towards the contact. We calculated the time scale of subsolidus diffusional exchange between the dunite and dike and obtained several tens of million years at ~1000℃. The host was kept at a high temperature when the dikes intruded because of the absence of chilled margin. We thus estimated time scale of formation of the Cumulate Member to be < several tens of million years.
We propose the following tectonic model in the Ordovician northern Japan on the basis of the above result. The slab breakoff took place at the depth slightly deeper than the boundary of spinel and garnet stability fields (~80 km) and induced counter flow and adiabatic melting of the sub-slab mantle. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

melting depth deepened down to ~170 km on the time scale of several tens of million years, which corresponds to the time scale to complete the slab breakoff. The sinking velocity of the slab is more than a few millimeters per year.

[1]: Davies et al., 1995. [2]: Ozawa et al., 2015. [3],[4]: Kimura et al., 2017, 2018, JpGU abstract. [5]: Ozawa, 1983.

キーワード：スラブ断裂、島弧オフィオライト、集積岩
Keywords: slab breakoff, arc ophiolite, cumulate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evidence of HIMU seamount on the Farallon Plate: Application of *in-situ* Sr-Pb isotope analysis to Franciscan lawsonite-bearing metagreywacke

*原 智美[1]、辻森 樹[1]、木村 純一[2]
*Tomomi Hara[1], Tatsuki Tsujimori[1], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Since bulk isotopic composition of oceanic basalt is susceptible to element remobilization during alteration process, there is a risk of causing misread of geochemical signatures from bulk metabasaltic rocks in subduction complex. As Hara et al. (2018) demonstrated, however, *in-situ* Sr-Pb isotope analysis of lawsonite in high-pressure metabasaltic rocks has a great potential for tracing the geochemical signatures reflecting the igneous protolith. In this study, we have applied the method to lawsonite in metasedimentary rocks to explore clastic components of a trench-fill sediment. A jadeite-bearing Franciscan metagreywacke from Pacheco Pass area, east-central Diablo Range, California Coast Ranges was selected for geochemical reconnaissance.

Lawsonites in the Franciscan metagreywacke record a high initial Pb isotope ratios ($^{206}Pb/^{204}Pb$ = 18.74–19.66, $^{207}Pb/^{204}Pb$ = 15.58–15.70 and $^{208}Pb/^{204}Pb$ = 38.41–39.34). This Pb-isotope signature suggests that a protolith of the metagreywacke have contained a debris derived from a HIMU-type basalt. Considering the maximum depositional age of the metagreywacke at ~102 Ma, the underflow of the Farallon Plate beneath continental crust of the North American Plate would have carried a HIMU seamount to a Franciscan trench.

Our study has demonstrated the potential application of 'lawsonitology' as sedimentary provenance analyses for metamorphosed accretionary complex. Moreover, the results would manifest that Pb isotopic signature of ancient oceanic basalt can be detectable from Ca-Al silicate mineral, such as lawsonite, epidote and pumpellyite, in metamorphic rocks.

キーワード：ローソン石、Sr-Pb 同位体、LA-MC-ICPMS、HIMU、変成堆積岩
Keywords: Lawsonite, Sr-Pb isotope, LA-MC-ICPMS, HIMU, Metasediment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Boron isotope variations of antigorite serpentinites associated with high-pressure metamorphic rocks: A case study in the Itoigawa–Omi area of the Hida-Gaien Belt, Japan

*山田 千夏[1]、辻森 樹[1]、常 青[2]、木村 純一[2]
*Chinatsu Yamada[1], Tatsuki Tsujimori[1], King Chang[2], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. Japan Aegency for Marine-Earth Science and Technology

Boron isotope study of serpentinites in the Franciscan Complex using an ablation volume correction (AVC) LA-MC-ICPMS discriminates two groups (Yamada et al., 2018 JpGU abstr.; Yamada et al. 2019, in press). Serpentinites associated with blueschists are characterized by lighter boron isotope than serpentinites without blueschist-facies rocks. The lighter boron isotope signature (< ~10 ‰) of blueschist-bearing serpentinites results from interaction with forearc slab fluids with low δ^{11}B in deeper depth. In order to evaluate the versatility of B isotopes and composition of high-pressure metamorphosed serpentinites, we investigated antigorite serpentinites associated with three different type of high-pressure metamorphic rocks in the Itoigawa–Omi area.

The investigated serpentinites can be grouped into two types based on the B isotopes. Antigorite serpentinite with blueschist- and eclogite-facies metamorphic rocks in the Yunotani Valley is characterized by moderate boron (12.5–48.4 $\mu g \cdot g^{-1}$) and lower δ^{11}B (+6.6 to +12.3‰ [mostly smaller than +8‰]; n= 10); Brucite-bearing antigorite serpentinite with barroisite-bearing mafic schist in the Kotaki-gawa River is characterized by very high boron (37.5 –302 $\mu g \cdot g^{-1}$) and lower δ^{11}B (+5.8 to +10.7‰ [mostly smaller than +8‰]; n= 10). In contrast, antigorite serpentinite with garnet amphibolite in the Omi-gawa River is characterized by a wide range of boron (9.1–145 $\mu g \cdot g^{-1}$) and relatively high δ^{11}B (+11.5 to + 14.8 ‰; n= 10).

Our preliminary reconnaissance shows significantly lower δ^{11}B (smaller than +8‰) in antigorite serpentinites of the 'Eclogite Unit' proposed by Tsujimori (2002). This trend is consistent with our earlier study in the Franciscan Complex. The antigorite serpentinites in the 'Eclogite Unit' might have been affected by a deep forearc slab fluids.

キーワード：蛇紋岩、ホウ素同位体、沈み込み帯
Keywords: Serpentinite, boron isotope, subduction zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of zircons structures from the Miocene Shibi-san Granodiorite, Kagoshima Prefecture, Japan

*中林 真梨萌[1]、Hafiz REHMAN[1]
*Nakabayashi Marimo[1], REHMAN Ur Hafiz[1]

1. 鹿児島大学
1. Kagoshima University

The Miocene granodiorite body (zircon fission track age by Miyachi, 1985) of the Mount Shibi, Kagoshima prefecture is a lenticular stock that intrudes the Cretaceous sedimentary rocks of the Shimanto belt. Previous studies subdivided the granodiorite body into the Kusu-bae (core facies) and Hira-bae (marginal facies) types based on the changes in litho-facies and distinct chemical composition of biotite and amphibole (Yamamoto et al., 1988). We conducted field survey in the study area and found no clear contrasts to sub-divide the body, instead it represents a single pluton with local chemical variation along the marginal portions. Based on detailed petrography, the entire body appears as homogeneous stock exhibiting identical mineral assemblage with no clear evidence that can mark the boundary between Kusu-bae and Hira-bae types. Moreover, to understand the processes of magmatic crystallization we investigated more than 600 zircon grains from about 8 samples for external (applying the zircon morphology method of Pupin, 1980) and internal morphology using the Cathodoluminescence imaging. Based on the Pupin’ s method, the deduced temperature range for the zircon crystallization was between 750 and 850℃. In addition, internal structures of zircon (CL images) showed oscillatory zoning with continuous growth domains and abundant apatite inclusions, suggesting the magma was fluid-rich and have been crystallized under relatively higher temperature. We also investigated zircons from the surrounding hornfels (Shimanto belt rocks) that were affected thermally due to the contact metamorphism. Zircons from the hornfels are completely different and rounded with different internal structures. Zircons from the so-called Kusu-bae and Hira-bae types are identical and suggest their crystallization from a single parental magma hence the pluton cannot be sub divisible.

References
Miyachi M. (1985). Fission track ages of some granitic rocks in Outer Zone ofKyushu, Japan. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 80, 406-409.
Pupin J. P. (1980). Zircon and granite petrology. Contribution to Mineralogy and Petrology 73, 207-220.
Yamamoto M., Oniwa N., Toyota K. (1988). Compositional Variation of the Shibi-san Granodioraite Body, Kagoshima Prefecture, Japan. Bulletin of the Kagoshima University Science Faculty 21, 35-49.

キーワード：ジルコン、花崗閃緑岩、結晶形態
Keywords: zircon, granodiorite, crystal shape

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental modeling of eclogite and C-O-H fluid interaction in the subduction zones

*Nadezda Chertkova[1], Shigeru Yamashita[2], Hiroaki Ohfuji[1], Tetsuo Irifune[1], Hirokazu Kadobayashi[1], Yoshitaka Yamamoto[3]

1. Ehime University, Geodynamics Research Center, 2. Okayama University, Institute for Planetary Materials, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The presence of volatile components controls melting relationships in the subducting oceanic plate and the overlying mantle wedge, affecting their physical properties and seismic observables. The major volatile species in the mantle low oxygen fugacity environment are considered to be H_2O and CH_4, as estimated for mantle xenoliths and C-O-H fluid speciation in equilibrium with diamond [1,2]. Experimental studies with the direct monitoring of phase assemblages and melting relationships in the silicate systems with C-O-H components can shed light on the processes, which take place in the subduction zones, and provide important data for interpretation of observed physical parameters.
In this study, we employed *in situ* spectroscopic methods in combination with the diamond anvil cell (DAC) technique for investigation of C-O-H fluid behavior and its influence on phase relationships in the eclogite–$5.75H_2O$–CH_4 system at temperatures up to 1000 degree C and pressures exceeding 5 GPa. We designed a new cell assembly for Mao-type symmetric diamond anvil cell with large optical access to the sample in order to make it suitable for infrared and Raman measurements directly at high-pressure and high-temperature conditions. Mineral phase assemblages, observed during experiments, are consistent with those described in the dry system of the similar basaltic composition [3]. At the same time, miscibility between aqueous and carbonaceous components in the fluid phase coexisting with silicate minerals was confirmed at temperatures above 800 degree C and pressures above 3.2 GPa.

References

[1] Shirey, S.B., Cartigny, P., Frost, D.J., Keshav, S., Nestola, F., Nimis, P., Pearson, D.G., Sobolev, N.V. and Walter, M.J. (2013) *Rev. Mineral. Geochem.*, **75**, 355-421.
[2] Belonoshko, A. and Saxena, S. (1992) *Geochim. Cosmochim. Acta*, **56**, 3611-3626.
[3] Yasuda, A., Fujii, T. and Kurita, K. (1994) *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, **99**, 9401-9414.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microfabrics of omphacite and garnet in eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica

*Daeyeong Kim[1], Taehwan Kim[2], Jungmin Kim[3]

1. Division of Polar-Earth Sciences, Korea Polar Research Institute, 2. School of Earth and Environmental Sciences, Seoul National University, 3. Earth and Environmental Sciences, Korea University

Layered structures in metamorphic rocks are sometimes crucial to occur strain localization then affect to seismic properties. We conducted microstructural analyses omphacite and garnet in foliated eclogite from the Lanterman Range, northern Victoria Land, Antarctica, to determine the influence of the layered structure on seismic observations in subduction zone. The analyzed eclogite, composed of layered garnet-rich and omphacite-rich layers, shows the low aspect ratios, similar angular distribution of long axes relative to the foliation, uniform grain size distribution, near-random crystallographic preferred orientations (CPOs), and misorientation angle distributions of garnet and opposite characteristics of omphacite in both layers. The results of fabric analyses are consistent with strain localization into omphacite or omphacite-rich layers rather than garnet or garnet-rich layers. Our results therefore demonstrate the importance of the layered structure in strain localization and in the development of the seismic anisotropies of subducting oceanic crust.

Keywords: Eclogite, EBSD, Layered structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初源的燐灰石の台湾のオフィオライトからの産出
Primordial Apatite from Ophiolite in Taiwan

*新妻 信明[1]、高嶋 礼詩[2]、李 元希[3]
*Nobuaki Niitsuma[1], Reishi Takashima[2], Yuan Hsi Lee[3]

1. 静岡大学理学部地球科学教室、2. 東北大学総合学術博物館、3. 國立中正大学地球與環境科學系，臺灣
1. Institute of Geosciences,Shizuoka University, 2. Tohoku University Museum, 3. National Chung-Cheng University, Taiwan

Apatite is a common accessory mineral in igneous rocks. Because apatite has a wide range of trace element compositions as well as strong resistance to diagenetic alteration, the trace element composition of apatite has been used for tracing petrogenetic processes of plutonic bodies as well as the tephrochronology of Paleozoic tephras and Quaternary volcaniclastic deposits.

We studied trace element compositions of apatites from Ophiolite in Taiwan. The Ophiolite with mafic-ulatramafic rocks (150811-14) expose along the anticlinal axes of the metamorphic belts in Backbone Range of Taiwan, and exotic gabbro block (MA-15B) in chaotic deposits of Lichi Melange, in the southern end of Longitudinal Valley, in East Taiwan.

Lee (2015 JpGU; Chen et al., 2017 Tectonics) reported that zircon ages of Ophiolites in Taiwan are concentrated to 15 Ma, which should relate with termination of spreading in South China Sea and Shikoku & Parece Vela Basin just before Japan Sea Opening, and large scale igneous activities in the Outer Zone of Southwest Japan just after Japan Sea Opening (Niitsuma & Lee, 2018 JpGU).

Fifteen and twelve apatite phenocrysts from samples of MA-15B and 150811-14 were analyzed for major and minor elements using a JEOL 8530F wavelength dispersive Electron Probe Micro Analyzer (Takashima et al., 2017 Quaternary Geochronology) in weight % as follow;
__major elements: P=17.956 +/-0.100, 17.926 +/-0.129
_____Ca=38.362 +/-0.329, 38.128 +/-0.273
_____F=1.082+/-0.151, 0.445+/-0.046
__trace elements: Cl<0.01, 0.04 Mg<0.01, 0.01 Mn<0.04, 0.05
_____Fe<0.03, 0.17 Ce<0.09, 0.05 Y<0.13, 0.04

The contents of trace elements are extremely low and we concluded the apatite might be primordial without any contaminations and petrogenetic effect, and crystallized directly in the magma above rifted mantle along the northwestern margin of West Philippine Basin just before Japan Sea Opening.

キーワード：燐灰石、微量成分、オフィオライト、台湾、日本海拡大
Keywords: Apatite, trace element , Ophiolite, Taiwan, Opening of Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The evolution of the Cretaceous Jinan Basin in South Korea and the age and tectonic setting for the volcanic rocks in it

*Seung Hwan LEE[1], Chang Whan Oh[1]

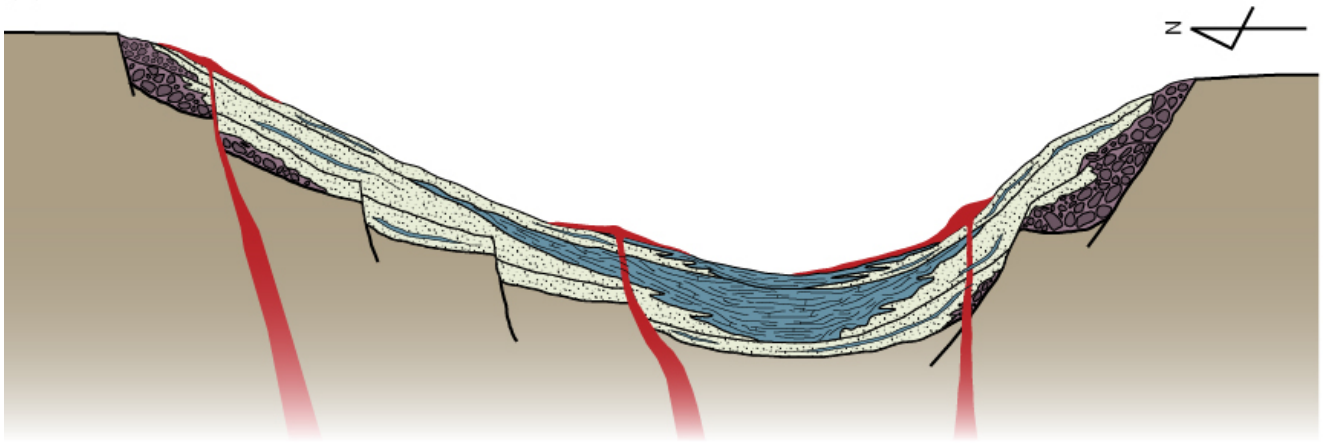
1. Department of earth and environmental sciences Chonbuk national university

The Jinan Basin is one of the Cretaceous pull-apart basins in the South Korea. It locates along the Yongdong-Gwangju fault system and consists of non-marine sediments with volcanic and pyroclastic rocks. The sinistral strike slip movement which formed the Cretaceous pull apart basins was occurred by the collision between Siberian and Manchuria blocks at ca. 130~100Ma. LA-MC-ICPMS age dating on the zircons from sedimentary and igneous rocks indicates followings. The sedimentation in the Jinan Basin had started at least from 97.7Ma and continued until 89.47Ma. During the sedimentation, basaltic andesite extruded at 90-92 Ma and later rhyolitc and andesitic magma intruded the Jinan Basin at 90-89 Ma and 85-84 Ma respectively. Later the Jinan Basin uplifted to form Noryeong mountain range due to the compression which was related with dextral strike slip fault movement. This fault movement is expected to be caused by the collision between Indian plate and Eurasian plate at ca. 55~25Ma. AFT(Apatite Fission Track) age from sediments in the Jinan Basin is approximately 68Ma. Due to the formation of Noryeong mountain range, the *Coreoleuciscus splendidus* was differentiated into two species, these two species of *Coreoleuciscus splendidus* have the same ancestors at around 38Ma. These data indicate that the Noryeong mountain range including the Jinan Basin are expected to have uplifted at around 68-38Ma. Rhyolitic volcanic rocks in and around the Jinan Basin are plotted on the VAG (Volcanic Arc Granite) field and basaltic to intermediated volcanic rocks are plotted on the CAB (Calc-Alkaline Basalt) and WPB (WIthin Plate Basalt) fields in the tectonic discrimination diagrams. There was a roll back of subduction zone toward Pacific ocean at ca. 100 Ma. These data suggest that the igneous rocks in the Jinan Basin formed by the mantle upwelling due to extension caused by the roll back of subduction zone. The upwelling asthenospheric mantle supplied heat which caused the felsic magma by the melting of the lithospheric mantle and crust which had been contaminated by crustal material supplied from subducting sediment or ocean before roll back of the subduction zone. The upwelling asthenospheric mantle was also melted to form basaltic magma. The deep faults formed by sinistral strike slip movement around the Jinan Basin at the Cretaceous, gave the path toward surface for the magma at deep depth.

Keywords: Jinan Basin, pull-apart basin, Igneous rock, Cretaceous

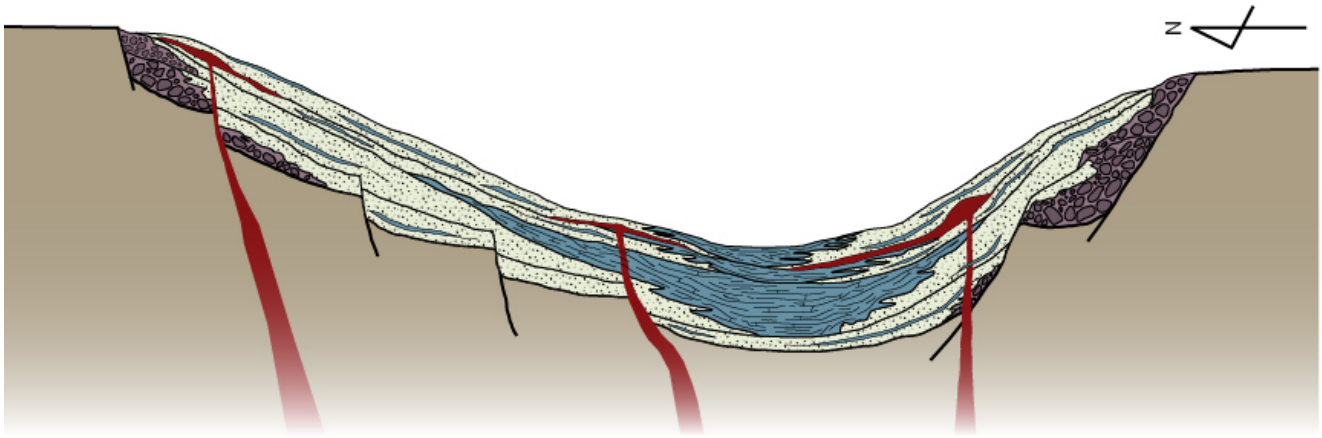
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(a) ca. 97 ~90 Ma.



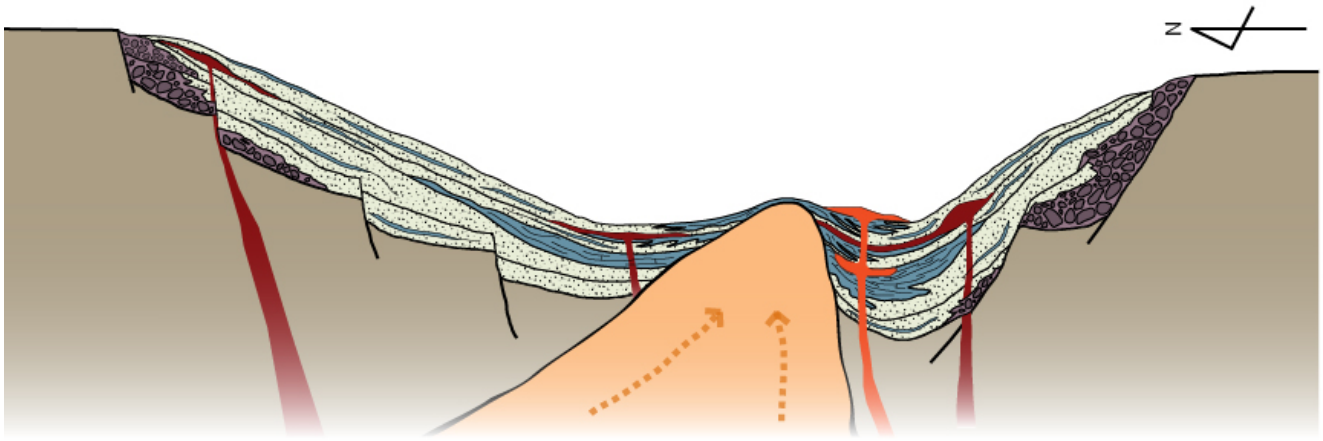
Deposition of lower part sedimentary rocks in the Jinan Basin(97~92 Ma) with extrusion of basaltic andesite(92~90 Ma)

(b) ca. 90 ~89 Ma.



Deposition of upper part sedimentary rocks on the lower part sedimentary rocks and basaltic andesite extrusive volcanic rocks

(c) ca. 89 ~84 Ma.



Intrusion and extrusion of rhyolite(ca. 89Ma) with late intrusion of andesitic volcanic rocks(ca. 84Ma)

Intrusive andesitic volcanic rocks
Rhyolite
Basalt and basaltic andesite
Conglomerate
Sandstone
Shale or mudstone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GEOCHORONOLOGY AND PETROCHEMISTREY OF LATE PALEOZOIC MAGMATIC ROCKS OF THE MANDAKH AREA, SOUTHEAST MONGOLIA

*Undarmaa Batsaikhan[1], Noriyoshi Tsuchiya[1], Masaoki Uno[1], Yukio Isozaki[2], Uyanga Bold[2], Hikaru Sawada[2]

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Arts and Sciences The University of Tokyo

The southeast Mongolia has become a major survey area for unraveling the Paleozoic tectonic evolution because Mongolia occupies the central part of the CAOB which is enormous and composed of a multiplicity of terranes including ancient island and continental arcs, ophiolites, passive continental margins, Precambrian continental blocks and high-T/low-P metamorphic zones and where porphyry Cu deposits occur. The late Paleozoic magmatic rocks are widely distributed in the Mandakh area which is located in the Curvansaikhan and Manlai terrains, in the southeast Mongolia. We will discuss petrochemical features, mineral assemblage and new geochronological constrain of magmatic rocks in the Mandakh area. Furthermore, we compared petrochemical characteristics of the Mandakh area with Tampakan deposit (Philippines), Cerro Colorado deposit (Chili) and negative criteria of Cu deposits (Japan) in order to characterize potential of the porphyry copper deposit in Mandakh area.

The Mandakh area’ s igneous rocks the geochemical features are calc-alkaline, magnetite-series, I type and similar to adakite type. The Devonian intrusive rocks comprised of syenite and syenogranite, while the Carboniferous intrusive rocks consist of granodiorite, monzodiorite, quartz-monzonite and hornblende granite. Devonian magmatic rocks are more alkali in composition. Although Devonian and Carboniferous igneous rocks in the Mandakh area are a little different each other, these igneous rocks are possibility copper deposits as suggested by petrochemical comparisions with bonanza copper deposits in the world.

Keywords: Petrochemistry, Geochoronology, Southeastern Mongolia, Porphyry Copper deposits

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Feedbacks Offshore the Cascadia Margin

*Joan S Gomberg[1]

1. USGS Earthquake Science Center

A growing body of evidence from the Cascadia subduction zone in the U.S. Pacific Northwest suggests that there are significant feedbacks among the offshore upper-plate material properties, geologic and geomorphic structures, seismic shaking, sediment redistribution, and mega-thrust slip behaviors. Analyses of seafloor seismic data show that the thick accretionary wedge sediments amplify and prolong shaking by low-frequency seismic waves and attenuate high frequencies (Gomberg, 2018). This strong contrast in shaking feeds back into reshaping the sediments, by controlling where they are likely to be destabilized and redistributed by shaking. Analyses of submarine landslide morphology and numerical modeling of slope strength suggest that different feedbacks, perhaps related to shaking-induced sediment compaction, may actually make sediments stronger (ten Brink et al., 2016; Scholz et al., 2016). Understanding of these contrasting influences in turn feeds into interpretations of turbidites as proxies for paleo-earthquakes, and hazard assessments based on earthquake recurrence models derived from them; for example, regions with greater numbers of turbidites may reflect permanent features of the shaking that are more suitable to trigger failure, but may be interpreted as indicative of a greater rate of earthquakes. Abrupt strike-perpendicular changes in shaking characteristics, apparent along most of the length of the margin, coincide with sharp gradients in topography and structure along the edge of the continental shelf. This same apparent boundary along the shelf-edge also coincides with concentrations of methane bubble plumes, with gas characteristics indicative of origins within the accretionary prism. One explanation is that the shelf is bounded by faults that connect with the megathrust and act as conduits for gas extrusion, some of which may connect with the megathrust directly or indirectly. This suggests another feedback, as structural changes promote or are caused by faulting, which itself permits pore pressure changes that modify the potential for additional faulting. Taken together, the aforementioned correlations and others observed between areas of non-volcanic tremor with gravity lows, crustal faulting patterns, and marginal basins, imply feedbacks between processes along the megathrust and upper plate structure (Wells et al., 2017). To reduce the degree of speculation about some of these feedbacks, several major experiments are planned and underway. These experiments, to be summarized in this presentation, will image the margin structure with sufficient resolution to identify and characterize faults, map changes in material properties, and more, along nearly the entire length of the Cascadia margin.

Gomberg, J. (2018). Cascadia onshore- offshore site response, submarine sediment mobilization, and earthquake recurrence. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 123, 1381–1404. https://doi.org/10.1002/2017JB014985
Johnson, H. P., Miller, U. K., Salmi, M. S., & Solomon, E. A. (2015). Analysis of bubble plume distributions to evaluate methane hydrate decomposition on the continental slope. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 16, 3825–3839. https://doi.org/10.1002/2015GC005955
Scholz, N. A., Riedel, M., Urlaub, M., Spence, G. D., & Hyndman, R. D. (2016). Submarine landslides offshore Vancouver Island along the northern Cascadia margin, British Columbia: Why preconditioning is likely required to trigger slope failure. Geo-Marine Letters, 36(5), 323–337. https://doi.org/10.1007/s00367-016-0452-8
ten Brink, U. S., Andrews, B. D., & Miller, N. C. (2016). Seismicity and sedimentation rate effects on submarine slope stability. Geology, 44(7), 563–566. https://doi.org/10.1130/G37866.1
Wells, R.E., R.J. Blakely, A.G. Wech, P.A. McCrory, and A. Michael (2017). Cascadia subduction tremor

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

muted by crustal faults, Geology, 45(6), 515-518, doi:10.1130/G38835.1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)、座長:Hafiz REHMAN(Kagoshima University)、Tatsuki Tsujimori

This JpGU-AGU joint session aims at bringing earth scientists from Japan and overseas to present their research related to the processes of oceanic and continent subduction, continent-continent collisions, metamorphism of crustal rocks, formation of the oceanic/continental arcs, and accretion/ tectonic erosion of material along subduction boundaries.

Topics such as role of the fore- and back-arcs in the subduction zones, process of accretion of volcaniclastic and terrigenous sediments along the subduction/collision boundaries, deformation and metamorphism of subducted crust, and exhumation will be the main focus of the session.

In addition to the above mentioned topics, our focus for the10th anniversary of this international session will be towards our understanding and progress on the ultrahigh-pressure/temperature metamorphic terranes in the world.

Exchange of ideas among geoscientists applying different approaches on problems related to the theme of the session are most welcome.

13:45 ~ 14:00

[SMP29-01] Pb-isotope of Fe-Ni alloy associated with serpentinite: Geochemical constraints on the fluid-mediated hyper-reducing environment in mantle wedge

★Invited Papers

*掛札 真由[1]、辻森 樹[1]、山下 勝行[2]、飯塚 義之[3] (1.東北大学、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.中央研究院地球科学研究所)

14:00 ~ 14:15

[SMP29-02] PETROCHEMISTRY AND AGE DETERMINATION OF THE NEWLY DISCOVERED ECLOGITE IN THE WESTERN MONGOLIA

*苗村 康輔[1]、チョイドンジャムツ エルデンジャルガル[4]、加藤 丈典[5]、ジャフハラン オトゴンクゥ[3]、道林 克禎[2] (1.名古屋大学博物館、2.名古屋大学環境学研究科、3.中国地質科学院、4.モンゴル科学アカデミー、5.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

14:15 ~ 14:45

[SMP29-03] **Continental subduction, "*Intraslab UHP Metasomatism*", and the formation of metamorphic diamond**

★招待講演

*小笠原 義秀[1] (1.Department of Earth Sciences, Waseda University)

14:45 ~ 15:00

[SMP29-04] Ultrahigh-pressure pseudotachylyte in a marble

★Invited Papers

*西山 忠男[1]、藤本 智也[1] (1.熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座)

15:00 ~ 15:15

[SMP29-05] Dehydration and Deformation process of subducted large Oceanic Pleateau -case study of the Mikabu blueschist-

*岡本 和明[1] (1.埼玉大学教育学部地学)

Pb-isotope of Fe-Ni alloy associated with serpentinite: Geochemical constraints on the fluid-mediated hyper-reducing environment in mantle wedge

*掛札 真由[1]、辻森 樹[1]、山下 勝行[2]、飯塚 義之[3]
*Mayu Kakefuda[1], Tatsuki Tsujimori[1], Katsuyuki Yamashita[2], Yoshiyuki Iizuka[3]

1. 東北大学、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 中央研究院地球科学研究所
1. Tohoku University, 2. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University, 3. Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

Although the occurrence of Fe-Ni alloy is very limited in the vicinity of modern Earth’s surface due to the highly oxidized state, serpentinization in the forearc mantle wedge can rarely provide extraordinary reducing environments that stabilizes the Fe-Ni alloy.

In order to understand those fluid-mediated hyper-reducing environments in serpentinizing mantle wedge of an active convergent plate margin, we revisited so-called ‘josephinite' —an unusual ‘metallic rock' composed mainly of Fe-Ni alloy (awaruite)— found in the Josephine Ophiolite, by engaging in microtextural and geochemical analyses.

Microtextural analyses using high-resolution FE-SEM and FE-EPMA found the presence of Ni-As mineral within aggregates of Fe-Ni alloy; the Ni-As mineral also occurs as discrete grains in ‘josephinite'-hosting serpentinite, suggesting that Ni-As mineral acted as a precursor seed before the crystallization of Fe-Ni alloy.

Since each leachate obtained by stepwise leaching of a ‘josephinite' pebble confirmed compositional homogeneity, this allows to calculate weighted mean values that give much precise Pb isotope compositions of aliquots of seventeen leaching steps determined by ID-TIMS; the values yielded $^{207}Pb/^{204}Pb$ = 18.3378 ±0.0016, $^{206}Pb/^{204}Pb$ = 15.5693 ±0.0015, and $^{208}Pb/^{204}Pb$ = 38.0879 ± 0.0044. These newly obtained high precision Pb isotope compositions revealed that the ‘josephinite'-forming fluids have a minor GLOSS-like sedimentary component. The presence of Ni arsenide also supports the infiltration of arsenic-bearing external fluids derived from sedimentary rocks.

Considering the geological context of the Josephine Ophiolite, the ‘josephinite’-forming fluids might have been derived from the top layer of subducting sediments. The lack of high-pressure metamorphic rocks such as blueschist in ‘josephinite'-hosted serpentinite implies that the ‘josephinite' formation might have occurred at a relatively shallow level of serpentinizing mantle wedge.
The absence of carbonate minerals further postulates that redox agent of the ‘josephinite' forming hyper-reducing environment was H_2 evolved by the serpentinization rather than CH_4 that is commonly preserved in blueschist and eclogites. This fact would speculate a widespread hyper-reducing environment caused by H_2 fluids in a shallow level of serpentinizing mantle wedge.

キーワード：鉄ニッケル合金、蛇紋岩化、Pb同位体組成、還元流体、マントルウェッジ
Keywords: Fe-Ni alloy, serpentinization, Pb isotope composition, reducing fluid, mantle wedge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PETROCHEMISTRY AND AGE DETERMINATION OF THE NEWLY DISCOVERED ECLOGITE IN THE WESTERN MONGOLIA

*苗村 康輔[1]、チョイドンジャムツ エルデンジャルガル[4]、加藤 丈典[5]、ジャフハラン オトゴンクゥ[3]、道林 克禎[2]
*Kosuke Naemura[1], Erdenjargal Choindonjamts[4], Takenori Kato[5], Otgonkhuu Javkhlan[3], Katsuyoshi Michibayashi[2]

1. 名古屋大学博物館、2. 名古屋大学環境学研究科、3. 中国地質科学院、4. モンゴル科学アカデミー、5. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Nagoya University Museum, 2. Nagoya University Graduate school of environmental studies, 3. Chinese Academy of Geological Sciences, 4. Mongolian Academy of Sciences, 5. Nagoya University Space-Earth Environmental Research

This study report on newly discovered eclogite from the Western Mongolia in the Central Asian Orogenic Belt. Lenticular eclogite bodies with several meters in length are enclosed in quartzite of the Shubun/Urgamal formation in the southernmost part of the Zavkhan block which forms a part of the Neoproterozoic Tuva-Mongolian arc. Trace element patterns of eclogites are like those of OIB. We used relatively fresh eclogite sample and amphibolite sample to reconstruct the pressure-temperature history. Fresh eclogite preserves omphacite (with jadeite 38 mole%) coexisting with garnet ($Alm_{56}Gros_{35}Pyr_{8}$), barroisite, phengite (Si=3.36 apfu, O=11), quartz, epidote, rutile with accessory apatite, calcite, and hematite (assemblage 1). Garnet-core includes paragonite and kyanite coexisting with titanite, quartz, barroisite, which represents prograde stage mineral assemblage (Stage 0). The eclogite assemblages are variably retrogressed into amphibolite assemblage of hornblende, plagioclase, quartz, biotite, Mg-rich garnet-rim ($Alm_{61}Gros_{29}Pyr_{9}$), epidote and titanite (assemblage-2). In amphibolite sample, atoll-shaped garnet is ubiquitously observed. The atoll-shaped garnet consists of the eclogite facies core, Ca-rich mantle ($Alm_{53}Gros_{44}Pyr_{3}$) probably formed during the amphibolite facies stage 2, and a Ca-poor Mg-rich rim (or shell) ($Alm_{64}Gros_{25}Pyr_{10}$). The last Ca-poor garnet rim coexists with plagioclase, hornblende, epidote, quartz, titanite (assemblage-3). The earliest stage of metamorphism might happen in the "lawsonite stability field" if we interpret kyanite formed from paragonite. Subsequent Stage 1 P-T condition was determined at about 2 GPa and 480 ºC by garnet-clinopyroxene-phengite geothermobarometry. The eclogite once experienced decompression to the epidote-amphibolite assembalge equilibrated at ca. 0.8 GPa and 400 ºC during the Stage 2, determined by garnet-hornblende-plagioclase geothermobarometry. After the initial exhumation, the eclogite experienced heating to the high-pressure amphibolite stage 3 formed at ca. 600 ºC and 1.2 GPa. Such multiple P-T paths have been reported from eclogites from collision zones such as Sesia Alps and W.Tianshan. Additionally, we determined U-Pb age of zircon by CHIME method. Zircon typically exhibit oscillatory zoning and are sometimes included at the garnet core. Most zircons are severely altered, with rare fresh core only in large zircon grains (>0.1 mm). We obtained three populations of age at 1170 Ma, 680 Ma and 340 Ma for such zircon fresh cores. If we interpret these ages as igeneous protolith ages, the eclogite-facies metamorphism should have taken place after 340 Ma. Combining the metamorphic history and U-Pb zircon ages, we speculated that the eclogite primarily formed at the ocean island on the Mongol-Okhotsk (MO) ocean. If so, eclogite-facies metamorphism (assemblage 0→1) should have taken place when the MO plate subducted beneath the Siberian craton. Subsequently the eclogite probably separated from the subducting plate and come up to the crustal depth through the subduction channel, and was transformed into epidote-amphibolite assemblage (assemblage 2). Finally, continental collision took place when the N. China craton collide with the Siberian craton to close the MO ocean at 140 Ma, which transformed the rock to high-pressure amphibolite (assemblage 3).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：エクロジャイト、中央アジア造山帯、モンゴル・オホーツク海
Keywords: Eclogite, Central Asian Orogenic Belt, Mongol-Okhotsk Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Continental subduction, “*Intraslab UHP Metasomatism*”, and the formation of metamorphic diamond

Continental subduction, “*Intraslab UHP Metasomatism*”, and the formation of metamorphic diamond

*小笠原 義秀[1]
*Yoshihide Ogasawara[1]

1. Department of Earth Sciences, Waseda University
1. Department of Earth Sciences, Waseda University

Deep continental subduction is the process carrying supracrustal materials into deep mantle, and UHP metamorphic rocks are the direct evidence for this process as the materials having the information of P-T and the chemical environments during subduction, escaped from the homogenization with mantle rocks. Usually, UHPM silicate rocks have been strongly retrograded during exhumation, and the preservation of UHPM information is limited excepting inclusions in refractory minerals; decoding the chemical processes in subducted materials is difficult. In carbonate and calc-silicate rocks, UHPM information has been well preserved and can be decoded even in the matrix because the chemical reactions in these rocks make distinct changes from the protolith chemistries, not erased during exhumation.

Carbonate-bearing assemblages have large P-T stabilities at HP/UHP and low H_2O activity, and this indicates high possibility of survival of carbonates and transportation of carbon into deep mantle. H_2O-fluid supply is necessary for metamorphic reactions in these rocks because H_2O-fluid lowers temperatures of decarbonations. As a model showing the processes in deeply subducting continental materials, *Intraslab UHP Metasomatism* (metasomatism within subducting continental materials at UHP mantle depths) will be introduced on the basis of our last 20 years research on the Kokchetav UHPM rocks. In this model, key materials are H_2O and CO_2 in the subducting continental slab, and a key process is H_2O-fluid infiltration within the slab. The outline of this model is as follows. 1) In the subducting slab, silicate rocks (gneisses and eclogite) were a H_2O reservoir, and carbonate and calc-silicate rocks were a CO_2 reservoir. 2) During subduction, H_2O-fluid with several components (e.g. C, K, Ti) occurred by dehydrations of silicate rocks. 3) Dehydrations in silicate rocks preceded decarbonation reactions in carbonate and calc-silicate rocks. 4) Infiltration of H_2O-fluid into carbonate and calc-silicate rocks was a trigger for decarbonations. 5) H_2O-fluid infiltration was controlled by the timing of dehydrations in silicate rocks and vaired in mm to cm scales to form or to characterize the mineral assemblages in carbonate and calc-silicate rocks. 6) H_2O-fluid (with C-bearing species) contributed to the formation of diamond in some carbonate calc-silicate rocks. 7) Modal compositions of carbonates in the protoliths controlled the survival of carbonate depending on the intensity of fluid infiltration.

The following subjects from the Kokchetav UHPM rocks support this model. A) Dolomite marble contains abundant diamond formed at two stages; 2nd stage diamond ($\delta^{13}C$: -17 to -27 ‰) from H_2O-fluid. Dol + Di is not the highest-T assemblage and was controlled by fluid composition, XCO_2 as 0.1, which was suitable for diamond formation. B) Dolomitic marble has the highest-T assemblages, Arg-Fo, Arg-Ti-Chum, but diamond was unstable because of low XCO_2 as 0.01. C) Calcite (after Arg) marble with Coe exsolution in Ttn contains diamond only in Di layer, and other parts do not; this indicates short-term stability of diamond in this rock depending on changing XCO_2. The later fluid was low XCO_2 as 0.02; too low for diamond formation. D) Two types of Grt-Cpx rocks occur; diamond-bearing and diamond-free. Their

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

protoliths are a mixture of silicates and carbonates. Minor diamond occurs as two modes in diamond-bearing Grt-Cpx rock; one is fine-grained (several μm) and the other is cubic (max. 200 μm). A cubic diamond has fine core and crystallized slowly from H_2O-fluid on a fine grain as a seed crystal. E) In gneisses, diamond occurrence is diverse; several morphologies with different colors were observed. Two-stage growth was not confirmed. Dissolution of carbon from diamond in gneisses could be possible, and carbon was carried into dolomite marble by H_2O-fluid to crystallize 2^{nd} stage diamond.

Many of the subjects being still unclear will be mentioned as the targets of future research.

キーワード：intraslab UHP metasomatism、UHP metamorphism、diamond、carbonate、fluid、Kokchetav Massif
Keywords: intraslab UHP metasomatism, UHP metamorphism, diamond, carbonate, fluid, Kokchetav Massif

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ultrahigh-pressure pseudotachylyte in a marble

*西山 忠男[1]、藤本 智也[1]
*Tadao Nishiyama[1], Tomoya Fujimoto[1]

1. 熊本大学先端科学研究部理学系地球環境科学講座
1. Department of Earth and Environmental Sciences, School of Science, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

A black vein in a marble from the Higo metamorphic rock in central Kyushu, Japan, represents a signature of dolomite growth from a carbonate melt and also evidence of liquid immiscibility between carbonate and silicate melts. The formation condition is estimated to be 3.5 GPa and 1280 C by the dolomite composition based on the phase diagram in the system CaCO3– MgCO3. This is a peculiar example of pseudotachylyte formed under ultrahigh-pressure condition.

The Higo metamorphic rock is Cretaceous low P/T metamorphic rock, however, some authors have suggested the existence of high to ultrahigh-pressure metamorphism prior to the low P/T metamorphism. In the south of Mt. Kousadake, Tomochi Town, Kumamoto Prefecture, marble occurs as several layers intercalated with pelitic and siliceous gneisses. The thickness of the marble layer is variable from several meters to several tens of meters. In one of the marble layers, near the contact with the surrounding pelitic gneiss, we found a black vein 10 cm thick and 1 m long, of which strike crosscuts that of the boundary between the marble and gneiss. It shows a branching texture, extending perpendicular to the vein strike from the vein towards the country rock (marble). The branching is a signature typical to the pseudotachylyte.
The marble consists of pure calcite, whereas the black vein consists of dolomite domain and silicate domain. The dolomite domain is composed of aggregates of anhedral to subhedral dolomite grains of 10 micrometers in size with oscillatory or complex zoning in terms of Ca, Mg and Fe. The dolomite grains do not show any deformation texture. The dolomite domain occasionally includes fractured quartz clasts, of which fractures are filled with dolomite. The silicate domain occurs as rounded or irregular-shaped aggregates of several hundred micrometres in size. It consists of rounded quartz grains, fibrous aggregates of hydrous alumino-silicate (unknown clay mineral) and minor dolomite grains. The silicate domains occur sporadically in the dolomite domains, and some silicate domains are connected with each other by network veins of silicates of the same material as the silicate domain. Rounded zircon rarely occurs in the silicate domain. In some parts of the vein, thin marble layers several millimeters thick occur, showing a flow folding.
Subhedral shape, oscillatory zoning and non-deformed texture of dolomite in the dolomite domain indicates the origin of dolomite either as precipitates from the fluid or as growth in the melt. If dolomite precipitated from the C-O-H fluid, the assemblage of dolomite + quartz, which occurs both in the dolomite and silicate domains, is stable at relatively low T, high P and high XCO2 region. Outside the stability field, it will react to form diopside. Diopside is common in calc-silicate gneisses in this region, therefore, the assemblage of dolomite + quartz + C-O-H fluid would imply temperature condition lower than that of the regional metamorphic condition. This observation leads to a conclusion that the dolomite grew from the melt, because fault rocks should show temperature condition higher than that of the country rock owing to frictional heating. The silicate domain may represent recrystallized silicate melt, and the coexistence of carbonate and silicate domains implies the liquid immiscibility between carbonate and silicate melts. In such a case, dolomite should represent a minimum melt composition in the system CaCO3 –MgCO3. The minimum melt composition and its temperature depends strongly on pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(Irvine and Wyllie, 1975 and Buob et al., 2006), therefore, we can estimate the melting temperature and pressure from the dolomite composition. The effect of FeCO3 component is evaluated to be small based on the experiment of Shatsky et al. (2014). The estimated pressure and temperature conditions are 3.5 GPa and 1280 C. Thus, we interpret that the black vein is a pseudotachylyte formed under ultrahigh-pressure condition, indicating that the Higo metamorphic rock has experienced the ultrahigh-pressure.

References: Buob, A., et al. (2006) Amer. Mineral., 91, 435-440; Irvine, A.J. and Wyllie, P.J. (1975) GCA, 39, 35-53; Shatsky, A. et al. (2014) Amer. Mineral., 99, 773-785.

キーワード：超高圧変成作用、シュードタキライト、肥後変成岩
Keywords: Ultrahigh-pressure metamorphism, pseudotachylyte, Higo metamorphic rock

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dehydration and Deformation process of subducted large Oceanic Pleateau -case study of the Mikabu blueschist-

*岡本 和明[1]
*Kazuaki Okamoto[1]

1. 埼玉大学教育学部地学
1. Faculty of Education, Saitama University

In order to know an origin of mega-earthquake related to subducted large seamount, observation of deformation process recorded in the blueschist (high P/T metamorphic rock) is the best method. Mikabu blueschist is considered as accreted large oceanic plateau and suffered blueschist facies metamorphism at Jurassic time. It extends approximately 1000 km in EW direction from the Kanto Mountain to Kyushu Island. In north-south direction, succession of ocean plateau stratigraphy can be reconstructed although accretion thrusts duplicate them. We have done detailed field observation along the N-S route and collected the rock sample systematically. In the outcrop, the Mikabu blueschist is well foliated with mineral lineation. However, we have identified massive, cataclastic samples in the structural middle in the NS section. Under the microscope, glassy parts suffered brittle and ductile deformation. Origin of the most glass part can be ascribed as igneous product. However, some glass layers along the deformation band in stilpnomelane aggregates might be formed as melt due to shear heating. If this zone is related to earthquake fault zone, it indicates that a huge earthquake has occurred. Metamorphic petrology based on mineral assemblage devides the Mikabu belt as three zones; the North, Mid, and the South zone, respectively. Psseudo-section analysis concludes that the North zone suffered relatively higher T metamorphism compated to the South zone. In the Mid zone, local temperature increase stabilized stilpnomelane after chlorite.

キーワード：沈み込んだ巨大海山、沈み込み帯変成作用、変成変形過程
Keywords: subducted large-ocean plateau, blue schist metamorphism, deformation and metamorphic process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP29] Oceanic and Continental Subduction Processes

コンビーナ:Hafiz Ur　REHMAN(Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University)、辻森 樹(東北大学)、Chin-Ho Tsai(Department of Natural Resources and Environmental Studies, National Dong Hwa University)、岡本 和明(埼玉大学教育学部地学)、座長:Tsai Chin-HO(National Dong Hwa University)、Hafiz REHMAN(Kagoshima University)

This JpGU-AGU joint session aims at bringing earth scientists from Japan and overseas to present their research related to the processes of oceanic and continent subduction, continent-continent collisions, metamorphism of crustal rocks, formation of the oceanic/continental arcs, and accretion/ tectonic erosion of material along subduction boundaries.

Topics such as role of the fore- and back-arcs in the subduction zones, process of accretion of volcaniclastic and terrigenous sediments along the subduction/collision boundaries, deformation and metamorphism of subducted crust, and exhumation will be the main focus of the session.

In addition to the above mentioned topics, our focus for the10th anniversary of this international session will be towards our understanding and progress on the ultrahigh-pressure/temperature metamorphic terranes in the world.

Exchange of ideas among geoscientists applying different approaches on problems related to the theme of the session are most welcome.

15:30 ~ 15:45

[SMP29-06] Unusually high Nb/Ta ratio of fluid-precipitated jadeites from New Idria serpentinite body, California: Implications for extreme fractionation in slab fluids

*高橋 菜緒子[1]、辻森 樹[2]、常 青[3]、木村 純一[3] (1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学東北アジア研究センター、3.海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

15:45 ~ 16:00

[SMP29-07] The collision process interpreted using the systematic change of metamorphic pattern along theQinling–Dabie–Odesan collisional belt between the North and South Korea-China Cratons

★Invited Papers

*Chang Whan Oh[1,2] (1.Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea、2.Environmental Science System Research Center, Chonbuk National University,Jeonju, Republic of Korea)

16:00 ~ 16:15

[SMP29-08] Contrasting collision processes between northwest and central Himalaya: examination from the "Lesser Himalayan granites” in Pakistan

*小笠原 正継[1]、福山 繭子[2]、Siddiqui Rehanul[3] (1.産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門、2.秋田大学理工学研究科、3.Balochistan University of Information Technology, Engineering and Management Sciences)

16:15 ~ 16:30

[SMP29-09] New petrologic indications of subduction metamorphism in the Yuli belt, eastern Taiwan

*Chin-Ho Tsai[1]、Chih-Ying Yeh[1]、Dominikus Deka Dewangga[1]、Yui Kouketsu[2]、Masaki Enami[3] (1.Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ.、2.Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ.、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.)

16:30 ~ 16:45

[SMP29-10] **The importance of Mn-nodules on the sea floor during subduction for the formation of ophiolitic diamond**

*Richard Wirth[1] (1.Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences 3.5 Surface Geochemistry)

16:45 ~ 17:00

[SMP29-11] **Along-strike variability of primitive magmas inferred from olivine-hosted melt inclusions, southernmost Andean Southern Volcanic Zone, Chile**

*Derek Weller[1,2]、Charles R Stern[2] (1.Earthquake Research Institute、2.University of Colorado)

Unusually high Nb/Ta ratio of fluid-precipitated jadeites from New Idria serpentinite body, California: Implications for extreme fractionation in slab fluids

*高橋 菜緒子[1]、辻森 樹[2]、常 青[3]、木村 純一[3]
*Naoko Takahashi[1], Tatsuki Tsujimori[2], Qing Chang[3], Jun-Ichi Kimura[3]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学東北アジア研究センター、3. 海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野
1. Graduate School of Science, Tohoku Univ., 2. CNEAS, Tohoku Univ., 3. Department of Solid Earth Geochemistry, JAMSTEC

Fractionation of Nb and Ta, which are conventionally thought as geochemical twins, is a key to understanding the evolution of the silicate Earth. The subchondritic Nb/Ta ratio of the continental crust (12-13; Barth et al., 2000), which is a long-standing problem, has been explained by Nb/Ta fractionation during subduction processes such as slab melting and/or dehydration. However, recent studies have revealed that extreme Nb/Ta fractionation of subduction-zone fluids from minerals in eclogite (up to 87; Xiao et al., 2006; Liang et al., 2009) and metagranite (up to 239; Chen and Zheng, 2015). In order to decipher Nb-Ta (and Zr-Hf) behavior of slab-derived fluids in shallower levels, we investigated a veined jadeitite from the New Idria serpentinite body, which is regarded as direct precipitates from slab-derived fluids at forearc depth. We applied *in-situ* measurements of trace element abundance of jadeites using a LA-ICP-QMS. The New Idria jadeites is characterized by remarkably high Nb concentration but depleted in Ta. Consequently Nb/Ta ratio varies from 10 to 115; Zr/Hf ratio also shows a wide range of 38–164. Nb–Ta and Zr–Hf correlations suggest coupling behaviors of those elemental pairs in fluids during the jadeitite vein formation. A simple Rayleigh fractional crystallization model for jadeite growth using partitioning coefficient D_{Nb} and D_{Ta} between clinopyroxene-aqueous fluid (Stalder et al., 1998) is also unlikely to explain the data. Although the extreme Nb/Ta and Zr/Hf fractionation can occur in seawater (Firdaus et al., 2011), oxygen isotope composition of New Idria jadeites ($\delta^{18}O$ = +8.4 to +9.9‰; Sorensen et al., 2006) eliminates a possibility that jadeitite-forming fluid source was originated from pore fluids derived from seawater. Alternatively, the Nb-Ta behavior might be explained by breakdown of hydrous minerals with high Nb/Ta ratio such as phengitic mica and/or consequences of high degree of fluid-rock interaction in a case of $D_{Nb}/D_{Ta} > \sim 10$ for fluid-rock system. New Idria jadeitite veins would provide an evidence for the presence of highly Nb/Ta fractionated fluids in serpentinized mantle wedge beneath forearc, supporting the idea that Nb and Ta are highly mobile and fractionate during the early stage of oceanic plate subduction before the appearance of rutile.

キーワード：Nb/Ta分別、沈み込み、流体、水-岩石相互作用、ひすい輝石
Keywords: Nb/Ta fractionation, subduction, fluid, water-rock interaction, jadeite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The collision process interpreted using the systematic change of metamorphic pattern along theQinling–Dabie–Odesan collisional belt between the North and South Korea-China Cratons

*Chang Whan Oh[1,2]

1. Department of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National University, Jeonju, Republic of Korea, 2. Environmental Science System Research Center, Chonbuk National University,Jeonju, Republic of Korea

Along the Qinling–Dabie–Odesan collisional belt between the North Korea-China and South Korea-China Cratons, the peak metamorphic conditions reflect systematically changing metamorphic regimes from east to west: ultra-high temperature (UHT) granulite-facies metamorphism in the Odesan area (905–1160˚C, 9-10.6 kbar) at 247-245 Ma; high pressure (HP) eclogite-facies metamorphism in the Hongseong area (819–835˚C, 23-25 kbar) at 250 Ma; ultra-high pressure (UHP) eclogite-facies metamorphism in the Sulu, Dabie and Hong’ an areas (620–880˚C, 26–43 kbar) at 220-240 Ma; HP eclogite facies metamorphism in the Tonbai area (530–610˚C, 17–20 kbar) at 216 Ma; epidote–amphibolite and blueschist facies metamorphism in the Wudang area (505–550˚C, 10–13 kbar) at 216 Ma ; and HP granulite-facies metamorphism in the western Qinling area (657–772˚C, 9.7–13.2 kbar) at 214 Ma. Additionally, the Triassic post-collisional igneous rocks regionally intruded at both ends of the collision belt, in the Hongseong–Odesan areas at 230 Ma and in the west Qinling at 210 Ma. These observations indicate that the following collisional processes occurred along the Qinling–Dabie–Odesan collisional belt. The collision between the North Korea-China Craton and South Korea-China Craton first occurred in the eastern margin of the collision belt (the Odesan area) with an angle of approximately 60˚ between their long axes of two Cratons and propagated towards west. The amount of oceanic slab subducted before the collision increased from the Odesan area to the Sulu area due to westwards increase in the width of the ocean between the North Korea-China and South Korea-China Cratons, resulting an increase in the depth of slab break-off. After slab break-off occurred in the Sulu area, the lateral tearing force strengthened, resulting a decrease in the depth of slab break-off from the Sulu area to the western Qinling area as collision propagated westward. At both ends of the collision belt, post collisional igneous activities occurred with metamorphism higher than granulite facies relating to high heat supply from upwelling mantle due to shallow depth of slab break-off.

Keywords: Qinling-Dabie-Odesan collision belt, The depth of slab break-off, Peak metamorphism, Post collisional igneous activity, Collisional process

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

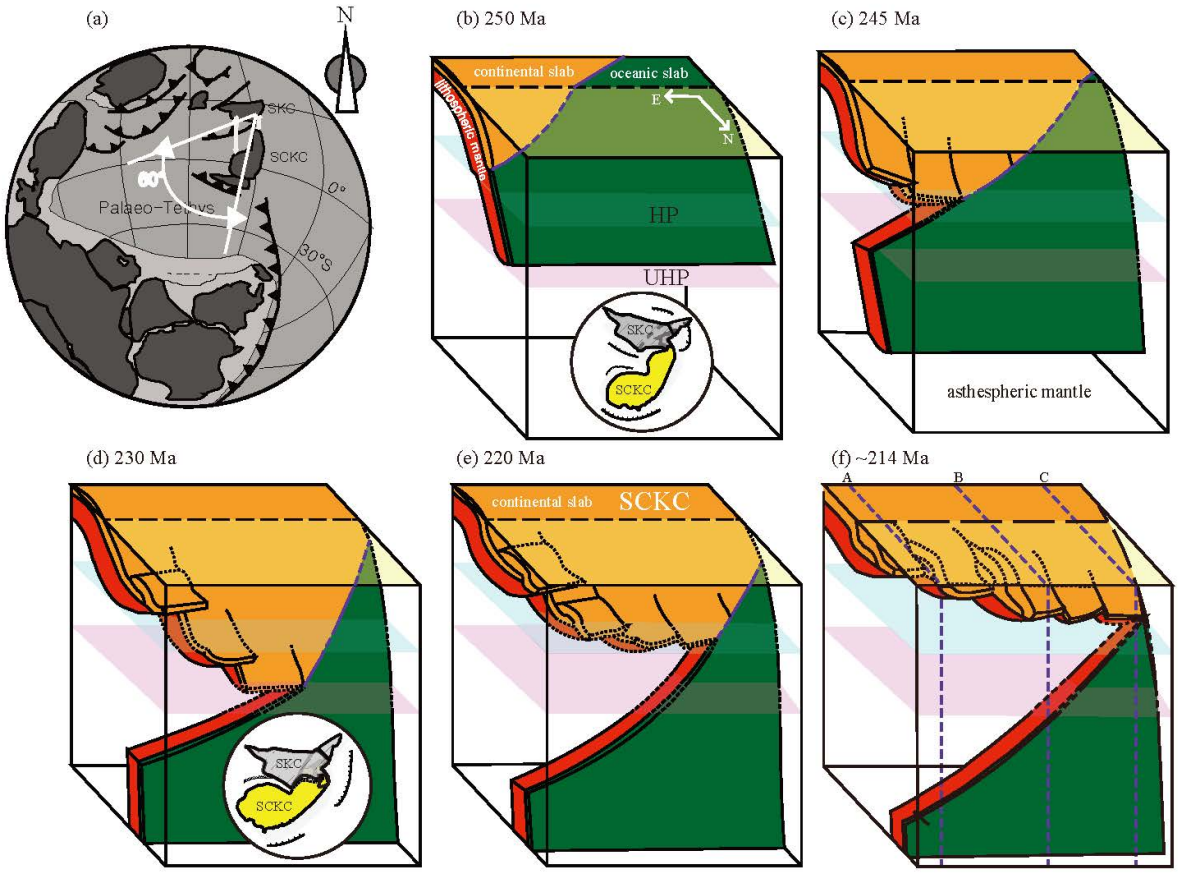


Fig. 16 Oh and Lee,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Contrasting collision processes between northwest and central Himalaya: examination from the "Lesser Himalayan granites” in Pakistan

*小笠原 正継[1]、福山 繭子[2]、Siddiqui Rehanul[3]
*Masatsugu Ogasawara[1], Mayuko Fukuyama[2], Rehanul H Siddiqui[3]

1. 産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門、2. 秋田大学理工学研究科、3. Balochistan University of Information Technology, Engineering and Management Sciences
1. Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Engineering Science, Akita University, 3. Balochistan University of Information Technology, Engineering and Management Sciences

The Himalayan orogenic belt was formed by the Cenozoic collision of Indian and Eurasian plates. In the eastern and central part of the Himalaya, four main tectonostratigraphic zones have been recognized, such as from south to north, Sub-Himalaya, Lesser Himalaya, Greater Himalaya and Tethys Himalaya. However, the northwest Himalaya in Pakistan and northwest India shows some distinct features differ from the main part of the Himalaya, i.e., (1) Presence of the Cretaceous island arc blocks between the Indian and the Eurasian blocks: (2) Boundary between the Lesser Himalaya and Greater Himalaya is not well defined: (3) Presence of UHP eclogites: (4) Extensive exposure of “Lesser Himalayan granites” represented by the Mansehra granite in Pakistan. As granite and granitic gneiss are major components of the Himalayan orogenic belt, we have examined geochemical and isotopic characteristics of the Mansehra granite and compared those with “Lesser Himalaya granites” and granite gneisses of the Greater Himalaya in the central part of the Himalaya. Before the collision of the India to the Eurasian, granites similar to the Mansehra granite were present along the northern margin of the India continent. The collision of India continent with the Tibet of the Eurasia plate formed two separate zones of granites, the “Lesser Himalayan granites” and extensively deformed granite gneiss in the Greater Himalaya. In the collision of India to the Cretaceous island arc blocks in northwest Himalaya did not disturbed distribution of the granite, resulting large exposure of the Mansehra granite. The southern extension of the Karakoram Fault which is a dextral strike-slip fault separating the Tibet and the Karakoram/Pamir block, approximates a boundary between the northwest Himalaya and the eastern and central Himalaya.

キーワード：collision、Himalaya、granite
Keywords: collision, Himalaya, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New petrologic indications of subduction metamorphism in the Yuli belt, eastern Taiwan

*Chin-Ho Tsai[1], Chih-Ying Yeh[1], Dominikus Deka Dewangga[1], Yui Kouketsu[2], Masaki Enami[3]

1. Department of Natural Resources & Environmental Studies, National Dong Hwa Univ., 2. Department of Earth & Planetary Sciences, Nagoya Univ., 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya Univ.

Previous reports of high-pressure (HP) metamorphism in the Yuli belt are mainly from meta-igneous and meta-volcaniclastic rocks, which are minor constituents within allochthonous metabasite-serpentinite blocks embedded in the dominant metasedimentary schists. By contrast, no HP minerals have yet been found in the metasedimentary rocks, whereas serpentinite is not suitable for pressure constraint. Thus skepticism on whether the Yuli belt is truly a HP metamorphic belt still exists. To solve this problem, we have investigated garnet-bearing pelitic schists using quartz-inclusion Raman spectroscopy barometry and surveyed the metasomatic zones around the Tsunkuanshan serpentinite body. Our Raman spectroscopic analyses on quartz inclusions in garnet from three metapelitic samples yielded residual (entrapment) pressures of 11-15 kbar at temperatures of 420-620˚C (constrained by Raman spectra of carbonaceous material thermometry). These results are essentially consistent with those of HP metabasites, glaucophane schists, and metaplagiogranites in the Yuli belt by recent pseudosection modeling. In the Tsunkuanshan area, meter-scale metasomatic zones crop out at the contact between serpentinite and surrounding pelitic schists. We discovered rare early-stage glaucophane (crossite) in an intermediate amphibole-albite rich rock in the metasomatic zones. This new occurrence indicates that serpentinite bodies might have been incorporated into a (paleo) subduction channel and subsequently recrystallized together with the host metasediments in HP conditions. Both the new pressure-temperature constraints from metasedimentary rocks and the finding of blue amphibole in metasomatic zones around serpentinite bodies indicate that the Yuli belt was subject to ‘warm’ subduction metamorphism.

Keywords: glaucophane, metasomatic zone, serpentinite, garnet, quartz-inclusion Raman barometry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The importance of Mn-nodules on the sea floor during subduction for the formation of ophiolitic diamond

*Richard Wirth[1]

1. Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences 3.5 Surface Geochemistry

Diamonds, native elements and unusual metal alloys from chromitites in ophiolites have been reported already almost 20 years ago (Bai et al., 2000). However, the genesis of these diamonds enclosed in chromite is still challenged. A major question is the origin of all the unusual elements and alloys recorded so far such as W, Co, Ta, CrFe, NiCu, AgAu, CoFeNi and most important Mn-Ni-Co alloys. Meanwhile, diamonds in chromite in ophiolites have been reported from several different locations on the planet (Tibet, Mongolia, Polar Urals, Turkey, Albania), which are separated from each other by long distances (Yang et al., 2014). There is one common feature observed in these diamonds, they usually contain small inclusions (from nanometre up to a few micrometre in size) of a Mn-Ni-Co alloy. The composition of the alloy is varying in diamond from different locations. These diamonds are natural diamonds that is demonstrated by the presence or coexistence of several additional nanoinclusions in diamond such as oxides, silicates and sulphides and selenides. Thinking about the genesis of these ophiolitic diamonds the question arises where all these strange elements and alloys come from? They are not typical Upper Mantle components. However, it is well known that Mn-nodules from the sea floor contain all these rare and unusual elements (Wegorzweski et al., 2015 and ref. therein). Subduction of the sea floor transports the nodules to a depth where melting of the nodules finally occurs. Depending on the Co-concentration melting of a Mn-Ni-Co ally will start at temperatures < 900˚C with increasing Co-concentration at much lower temperature. Under local reducing conditions such Mn-Ni-Co alloy melt pools might exist in the subducted slab. The sea floor also contains plenty of organic material that could potentially supply the carbon necessary for the formation of diamond. Carbon rich fluids might react with the Mn-Ni-Co alloy melt, the melt acting as a catalyst to reduce the C-rich fluid to C. Carbon is dissolved in the alloy melt to a high amount depending on pressure and temperature. A change in PT during uplift then will result in the precipitation of solid carbon from the melt. If that happens in the diamond stability field diamond will precipitate. That process would explain the presence of such kind of Mn-Ni-Co alloy inclusions in diamond. Mn-nodules with their content of a wide variety of elements from the periodic system cannot only explain the unusual occurrence of diamond in chromitite in ophiolites but also the presence of other unusual elements and compounds. The details of the processes involved are not fully understood and they are subject of future investigations.

Bai, W.J., Robinson, P.T., Fang, Q., Hu, X-F., Zhou, M., (2000) Origin of PGE and base metal allloysin podifoem chromitites of he Luobusa ophiolite, southern Tiet. Canadian Mineralogist, 38, 585-598.

Wegorzewski, A.V., Kuhn, T., Dohrmann, R., Wirth, R., Grangeon, S. (2015) Mineralogical characterization of individual growth structures of Mn-nodules with different Ni+Cu content from the central Pacific Ocean. Amer. Min., 100, 2497-2508.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Yang, J., Meng, F., Xu.X, Robinson, P.T., Dilek, Y., Makeyev, A.B., Wirth, R., Wiedenbeck, M., Griffin, W.L., Cliff, J. (2014) Diamonds, native elements and metal alloys from chromitites of the Ray-Iz ophiolite of the Polar Urals. Gondwana Research, http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2014.07.004.

Keywords: Subduction, Mn-nodules, ophiolitic diamond

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Along-strike variability of primitive magmas inferred from olivine-hosted melt inclusions, southernmost Andean Southern Volcanic Zone, Chile

*Derek Weller[1,2], Charles R Stern[2]

1. Earthquake Research Institute, 2. University of Colorado

Glass compositions of melt inclusions in olivine phenocrysts found in tephras derived from explosive eruptions of the four volcanoes along the volcanic front of the southernmost Andean Southern Volcanic Zone (SSVZ) are used to constrain primitive magma compositions and melt generation parameters. Primitive magmas from Hudson, Macá, and Melimoyu have similar compositions and are formed by low degrees (8-18 %) of partial melting. Compared to these other three centers, primitive magmas from Mentolat have higher Al_2O_3 and lower MgO, TiO_2 and other incompatible minor elements, and are generated by somewhat higher degrees (12-20%) of partial melting. The differences in the estimated primitive parental magma compositions between Mentolat and the other three volcanic centers are consistent with difference in the more evolved magmas erupted from these centers, Mentolat magmas having higher Al_2O_3 and lower MgO, TiO_2 and other incompatible minor element contents, suggesting that these differences are controlled by melting processes in the mantle source region above the subducted oceanic plate. The observed along-arc changes in parental magma chemistry may be due to the close proximity below Mentolat of the subducted Guamblin Fracture Zone that could efficiently transport hydrous mineral phases, seawater, and sediment into the mantle, driving enhanced volatile fluxed melting beneath this center compared to the others.

Keywords: Andean volcanism, tephra, olivine melt inclusions, primitive magma

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)

近年、地殻の薄い海洋島弧が大陸生成の場ではないのか、という考えや、中央海嶺における正断層に沿った海水のしみこみがマントル融解を引き起こして、モホ面を形成するのではないか、という考えが出されている。地表ー地殻ーマントルの関係やマントルから地殻を通して噴火に至るマグマの生成・挙動に関して、火山学、地球化学、岩石学、地質学、年代学、地球物理学などの広い分野からの投稿を期待する。

[SMP30-P01] Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6] (1.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2.東京大学地震研究所、3.キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4.海洋研究開発機構高知コア研究所、5.中国科学院海洋研究所、6.リーズ大学地球環境学部)

[SMP30-P02] 御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1] (1.東京大学広域科学専攻、2.学習院大学理学部化学科、3.岡山理科大学理学部基礎理学科)

[SMP30-P03] **Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

[SMP30-P04] 小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5] (1.海洋研究開発機構、2.産業技術総合研究所、3.金沢大学、4.国立極地研究所、5.日本海洋事業)

[SMP30-P05] 南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.海上保安庁、3.新潟大学、4.トルース大学、5.名古屋大学)

[SMP30-P06] **Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines**

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1]、BETCHAIDA D PAYOT[1]、GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1]、JULIUS A PASCO[1]、JESLEY MEI A DYCOCO[1] (1.UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES)

[SMP30-P07] Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1]、Kenichiro Tani[2] (1.Geological Survey of Japan、2.National Museum of Nature and Science)

Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6]
*Morihisa Hamada[1], Hikaru Iwamori[1,2], Philipp A. Brandl[3], Takayuki Ushikubo[4], Kenji Shimizu[4], Motoo Ito[4], He Li[5], Ivan P. Savov[6]

1. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2. 東京大学地震研究所、3. キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4. 海洋研究開発機構高知コア研究所、5. 中国科学院海洋研究所、6. リーズ大学地球環境学部
1. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, 4. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 6. School of Earth and Environment, University of Leeds

International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 351 'Izu–Bonin–Mariana (IBM) Arc Origins' drilled Site U1438, situated in the north-western margin of the Philippine Sea, into volcaniclastic sediments of the proto-IBM arc. Brandl *et al.* (2017, *Earth and Planetary Science Letters*) have analysed the major, trace and volatile elements of 304 melt inclusions hosted in fresh silicate minerals to unveil the magmatic evolution of the proto-IBM arc between 30 and 40 Ma, when the arc volcanism matured following subduction initiation at 52 Ma. Brandl *et al.* (2017) concluded that: (1) volcanism of the proto-IBM arc shifted from calc-alkaline affinity to tholeiitic affinity over time; and (2) such compositional shift is linked to both the volcanic productivity and the maturation of an evolving island arc. To better integrate the composition of melt inclusions with the magmatic evolution of the proto-IBM arc, this study extends the dataset of Brandl *et al.* (2017) by: (1) additional analysis of volatiles (H_2O, S, F and Cl) and P_2O_5 for 47 carefully selected melt inclusions by Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS); and (2) statistical analysis on the composition of 237 representative melt inclusions covering the full time range (30–40 Ma) of the dataset. Based on statistical analysis of the melt inclusion compositions and by considering trace element compositions and volatile concentrations, we can confidently distinguish five main clusters of melt inclusion compositions which can be further separated into a total of nine sub-clusters. Among the nine sub-clusters, we identified three major magma types: (1) medium-K enriched magmas which form a tholeiitic trend (30–38 Ma); (2) less-depleted medium-K melts which form a calc-alkaline trend (35–39 Ma); and (3) low-K depleted magmas which form a calc-alkaline trend (35–40 Ma). We demonstrate that: (1) volcanism of calc-alkaline depleted magmas lasted until 35 Ma; (2) the volcanism of calc-alkaline depleted magmas and that of more enriched normal arc magmas (tholeiitic and calc-alkaline affinities) overlap between 35 and 38–39 Ma and; (iii) the volcanism of normal arc magmas became predominant thereafter at the proto-IBM arc. Such identification of three major magma types is distinct from that of Brandl *et al.* (2017), in which less-depleted medium-K calc-alkaline magmas amd depleted low-K calc-alkaline gammas were not distinguished. We infer that depleted source mantle had been replaced by enriched mantle due to mantle convection beneath the proto-IBM arc from >40 Ma to 35 Ma. Statistical analysis is a useful tool to partition a mixture of multivariable dataset, such as datasets of melt inclusion compositions, into several distinct groups and potentially reconstruct their geological evolution.

キーワード：奄美三角海盆、国際深海科学掘削計画、伊豆-小笠原-マリアナ弧、メルト包有物、統計解析、揮発性成分
Keywords: Amami Sankaku Basin, International Ocean Discovery Ptrogram, Izu-Bonin-Mariana arc, Melt inclusion, Statistical analysis, Volatiles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

The Jurassic magmatism of protoliths of Mikabu greenstones in SW Japan: zircon U-Pb dating and trace element analysis

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1]
*Hikaru Sawada[1], Yukio Isozaki[1], Shogo Aoki[3], Shuhei Sakata[2], Ryo Hasegawa[1], Yasuo Nakamura[1]

1. 東京大学広域科学専攻、2. 学習院大学理学部化学科、3. 岡山理科大学理学部基礎理学科
1. Department of General Systems Studies, the University of Tokyo, 2. Department of Chemistry, Gakushuin Universtiy, 3. Department of Applied Science, Okayama University of Science

The Mikabu greenstones, incorporated with the Cretaceous high P/T-type Sanbagawa metamorphic belt in SW Japan, are accreted fragments of an oceanic plateau. We identified a Late Jurassic igneous age for the protoliths of the Mikabu greenstones in the eastern Kii Peninsula, by measuring U-Pb age and trace element composition (REE, Y, Sc, Nb, Ta, Hf, U, Th) of zircon grains with an Agilent 8800 single-collector triple quadrupole ICPMS coupled to a NWR-213 laser-ablation system. The U-Pb ages have a weighted average of 154.6 ±1.6 Ma (the Kimmeridgian, Late Jurassic) with an overlap within 2-sigma error. The igneous age is slightly younger than the previously reported radiolarian ages (Middle Jurassic) of deep-sea pelagic chert associated with the Mikabu greenstones. The age difference between them suggests that mafic magmas intruded pelagic deep-sea sediments on the pre-existing oceanic lithosphere. Trace element composition further indicates that the dated zircon grains are more similar to those in oceanic crusts than in granitic continental crusts, and the host mafic magma of the zircon grains was derived from depleted mantle like the mid-oceanic ridge-type source, rather than fertile mantle sources like Hawaii and Iceland. As rocks from the Shatsky Rise in the modern NW Pacific Ocean have similar age and compositional characteristics, this study concluded that the protoliths of the Mikabu greenstones had formed a part of an oceanic plateau, which was generated by the Late Jurassic intra-oceanic plate mafic magmatism in the ancient Pacific Ocean.

キーワード：御荷鉾緑色岩、ジルコン、ジュラ紀、海台、ウラン鉛年代、微量元素
Keywords: Mikabu greenstones, zircon, Jurassic, oceanic plateau, U-Pb age, trace element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2]
*Yasuhiro Hirai[1], Yoshihiko Tamura[2], Kaj Hoernle[3], Christian Timm[4], Folkmar Hauff[3], Reinhard Werner[3], Takeshi Hanyu[2], Bogdan Vaglarov[2], Qing Chang[2], Takashi Miyazaki[2], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 金沢大学大学院 自然科学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. ゲオマール海洋研究所、4. GNSサイエンス
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Japan, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokosuka, Kanagawa, Japan, 3. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

During R/V SONNE expedition SO-255 mafic basaltic to magnesian andesitic lavas containing melt inclusion hosting forsteritic olivines ($Fo_{90.3–92.4}$) were recovered from Kibblewhite Volcano, southern Kermadec Arc. The re-homogenized melt inclusions have compositions similar to primitive basalt (49.6–52.0 wt.% SiO_2; 12.7–15.9 wt.% MgO). Their CaO/Al_2O_3 values, however, range from 0.9 to 1.6, which cannot be explained by melting of lherzolite. Moreover, CaO/Al_2O_3 values in the melt inclusions correlate negatively with Ni contents of their host olivines suggesting that the high CaO/Al_2O_3 values result from interaction between mafic melts and subarc lithospheric mantle. Prior to the interaction the mafic magma must have had high Ni contents and low CaO/Al_2O_3 values, thus they crystallized high Ni olivines trapping low CaO/Al_2O_3 melt inclusions. During the interaction the olivines crystallized from the mafic magmas and its latent heat assimilated pyroxenes from the surrounding lithospheric mantle. This assimilation of pyroxenes allowed the Ni content of the melt to decrease and CaO/Al_2O_3 to increase while buffering the the Mg-number of the mafic magmas during the ascent. Thus, magmas during and after the interaction could crystallize low Ni olivines bearing high CaO/Al_2O_3 melt inclusions.

キーワード：Subduction zone、Kermadec Arc、Kibblewhite Volcano、SO-255、Olivine-hosted melt inclusion
Keywords: Subduction zone, Kermadec Arc, Kibblewhite Volcano, SO-255, Olivine-hosted melt inclusion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？
Ankaramite from Doyo seamount in the Izu-Ogasawara arc: A precursor of continents?

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5]
*Yoshihiko Tamura[1], Tomoki Sato[1], Osamu Ishizuka[1,2], Takashi Miyazaki[1], Yasuhiro Hirai[1,3], Mami Takehara[4], Eri Sakamoto[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所、3. 金沢大学、4. 国立極地研究所、5. 日本海洋事業
1. JAMSTEC, 2. AIST, 3. Kanazawa Univ., 4. NIPR, 5. NME

Izu-Ogasawara-Mariana (IOM) system of arcs (also known as the Izu-Bonin-Mariana arc system) is a typical oceanic arc produced by subduction of the Pacific Plate beneath the Philippine Sea Plate. Volcanoes along the southern segment of the Izu-Ogasawara arc are underlain by thin crust (10-20 km). According to the hypothesis presented by Tamura *et al.* (2016), rising mantle diapirs stall near the base of the oceanic crust at depths controlled by the thickness of the overlying crust. Where the crust is thin, melting occurs at relatively low pressures in the mantle wedge producing andesitic magmas. Andesites erupted from Nishinoshima that were produced in the recent history of the volcano have been generated by olivine fractionation of primary andesitic magmas (Tamura *et al.*, 2019).

To further examine this hypothesis, we have dived Doyo Seamount by using manned submersible SHINKAI 6500 to sample primitive magmas from the volcano, which is located about 50 km north of Nishinoshima and is underlain by thinner curst (15 km) compared to Nishinoshima. Doyo Seamount is located approximately 900 km south of Tokyo at 27˚41’ N, 140˚48’ E in the Ogasawara Arc. The seamount attained an elevation of ~400 m below sea level (mbsl) and its submarine flanks extend to the depth of 3,200 mbsl. The basal dimeter of the volcano is about 30 km. The deeper parts of this large submarine edifice have yet to be explored. Primitive lavas tend to erupt in the deeper parts of submarine volcanoes at the depth of ~2,000 m. Deeper satellite vents are expected to erupt more primitive magmas compared to the main summit vents because primitive magmas could bypass the shallow magma chambers where crystal fractionation and magma mixing happen.

There is a small satellite cone about 11 km east of the summit of Doyo Seamount at the depth of ~3,000 m. A ridge extends on the flank of the volcano from the summit in the ENE direction to the depth of ~2,400 m. Thus, we tried to sample this satellite cone and the deeper part of the ridge. Interestingly, 13 samples out of all 21 samples, which we have recovered during this dive 6K#1519, are olivine-clinopyroxene basalts containing 20-40 % of very coarse clinopyroxene phenocrysts, which could be called ankaramite (Figure 1). Ankaramites are strongly vesiculated and their blocks have rough and rugged surface, which are different from smooth surface of basaltic pillow lavas. Some of ankaramite magmas might have had explosive eruptions at the depth of 2,000~3,000 m, which have resulted in volcaniclastic cones or brecciated lava flows.

Similar primitive and phenocryst-rich ankaramitic basalts were recovered from the old submarine knolls near Nishinoshima (Tamura et al., 2019). We suggested that lithospheric mantle was thicker before the development of Nishinoshima volcano (Figure 2). Primary basaltic magmas could have been generated at depth beneath the thicker lithospheric lid, and these magmas might have interacted with the lithospheric uppermost mantle during their ascent and have resulted in the unique ankaramite magmas (Figure 1). The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

temperature of the upper part of the mantle wedge increases with frequent passage of magmas through it, and continuous subduction beneath it will drench the whole mantle wedge, thus, the thickness of the lithosphere will decrease and approach the thickness of the curst in mature arcs. Doyo Seamount could represent the early stage of Nishinoshima volcano, and thus, ankaramite magma is deemed to be a precursor of andesitic magmas.

References

Tamura et al. (2016). Advent of continents: A new hypothesis. *Scientific Reports* **6,** 33517.
Tamura et al. (2019). Nishinoshima volcano in the Ogasawara Arc: New continent from the ocean? *Island Arc* **28,** e12285.

キーワード：アンカラマイト、安山岩、大陸、海洋島弧、リソスフェア、マントルウエッジ
Keywords: ankaramite, andesite, continent, oceanic arc, lithosphere, mantle wedge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

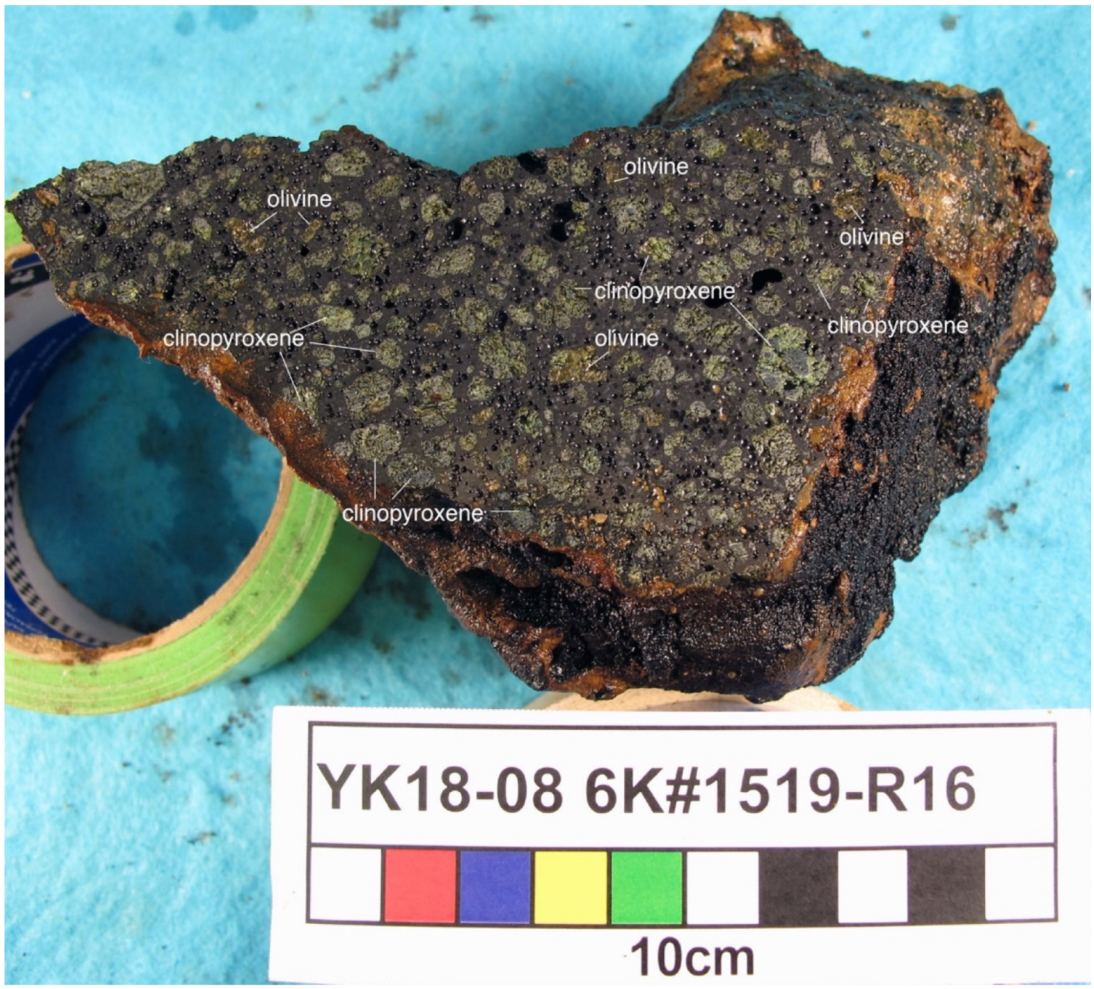


Figure 1. Ankaramite recovered from Doyo Seamount.

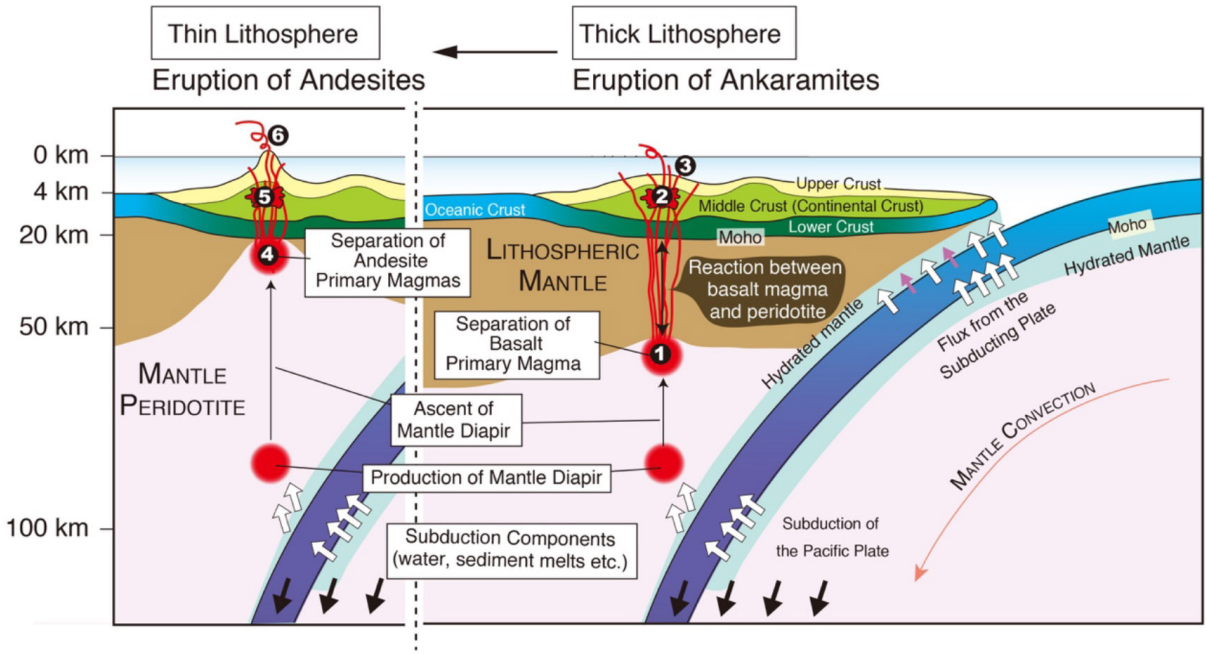


Figure 2. Schematic diagrams showing the genesis of andesite and ankaramite magmas in the Ogasawara arc.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因
Different Moho reflections adjacent to Minami-Tori Shima and their petrologic origins

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]
*Yoshihiko Tamura[1], Kentaro Kaneda[2], Gou Fujie[1], Akane Ohira[1], Eiichi TAKAZAWA[3], Georges Ceuleneer[4], Katsuyoshi Michibayashi[5], Tomoki Sato[1], Shuichi Kodaira[1], Seiichi Miura[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 海上保安庁、3. 新潟大学、4. トルース大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Maine-Earth Science and Technology, 2. Japan Coast Guard, 3. Niigata University, 4. Universite de Toulouse, 5. Nagoya University

It is the common knowledge that Moho is the boundary between the crust and mantle, which was discovered by and named after Croatian seismologist Mohorovičić. We have shown that Moho is not the crust-mantle boundary and presented a new hypothesis about the origin of Moho based on seismological and petrological observations (Tamura et al., EGU2018-11069-2; JpGU2018 SMP36-05; AGCC2018 abstract volume590; Tamura et al., in preparation). Direct drilling and sampling of Moho could be the best scenario to examine the hypothesis. However, IODP drillings of basaltic crust could estimate the petrologic origins of the crust-mantle boundary far below the seafloor, which could be useful to examine the hypothesis of formation of Moho.

Kaneda et al. (2010) conducted seismic surveys across the Marcus-Wake seamount chain near Minami-Tori Shima, which is the Japanese easternmost and one and only island on the Pacific Plate. They found contrasting seafloor in the north and south of the seamount chain, which were referred to the northern and southern basins (Figure 1). Average water depths in the northern and southern basins are about 5900 m and 5700 m, respectively. Magnetic anomalies suggest Jurassic ages of M32 (159 Ma) and M42 (167 Ma) for the northern and southern basins, respectively. The southern basin has the clear Moho reflections, which are characteristically sharp, single, flat, and continuous, and of large amplitude, but in the northern basin, Moho reflections are extremely weak or even absent. Interestingly, the crust of the southern basin has a constant thickness of 7.5-8.0 km, but the crust of the northern basin shows a constant thickness of 6 km, 1.5-2 km thinner than that of the northern basin.The correlation between Moho reflections and crustal thicknesses have been generally observed in other seismic profiles (e.g. Ohira et al., 2017).

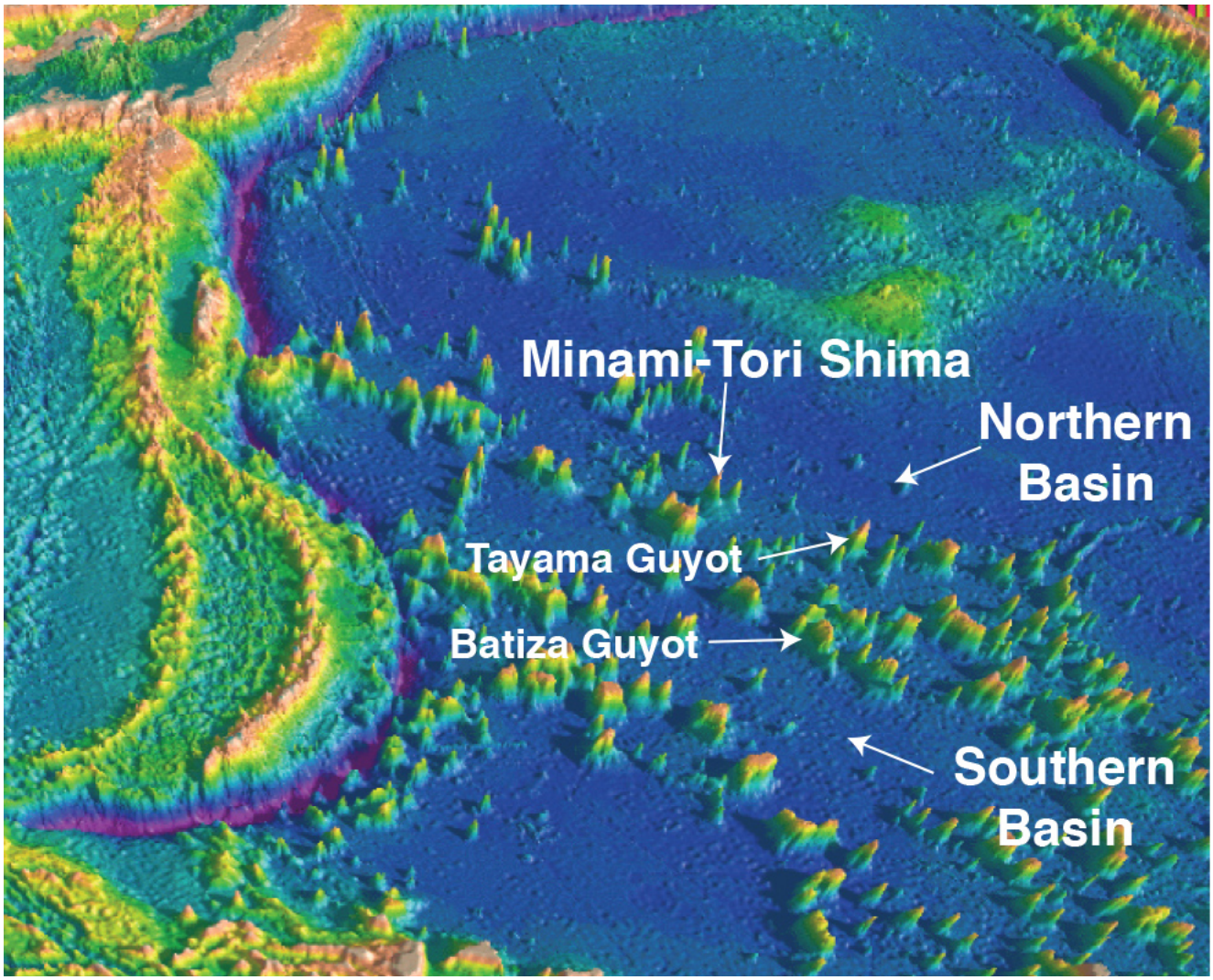
The boundary between mantle peridotite and layered gabbro from the lower oceanic crust in the Oman ophiolite consists of a dunitic transition zone (DTZ), mostly made of olivine + scattered Cr-spinel. The thickness of DTZ ranges from a few meters to a few hundred meters. When mantle melts under hydrous conditions, the liquidus field of forsterite expands relative to that of enstatite and enstatite melts incongruently to produce dunites and andesitic melts.

We present here a new hypothesis that (1) accidental influx of seawater at the mid-ocean ridges results in hydrous melting of mantle peridotite just beneath the crust and produces thick dunite at the crust-mantle boundaries, (2) the thick dunite represents reflective Moho, and (3) this additional hydrous melting of shallowest mantle increases the thickness of oceanic crust.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Although the andesitic melts, which are the outgrowth of dunites, would be mixed with dominant basaltic melts extracted from the deeper parts of melting column of MORB, there must be systematic and significant differences between crustal materials with Moho and those without Moho. Comparative drillings of oceanic crust in the northern and southern basins for future IODP expeditions will reveal the differences of basalts and examine the models for Moho.

キーワード：モホ、南鳥島、ダナイト、マントル、地殻、玄武岩
Keywords: Moho, Minami-Tori Shima, dunite, mantle, crust, basalt



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1], BETCHAIDA D PAYOT[1], GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1], JULIUS A PASCO[1], JESLEY MEI A DYCOCO[1]

1. UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES

This work presents new petrographic and geochemical data on the plagioclase peridotites and the spinel harzburgites of the mantle section of the southern Palawan Ophiolite. The plagioclase peridotites show peculiar textures evident of melt-rock interaction as indicated by: (1) interstitial clinopyroxene and subhedral orthopyroxene around plagioclase, and (2) plagioclase blebs within the peridotite matrix. The spinel harzburgites display protogranular to porphyroclastic textures and dominantly composed of olivine, orthopyroxene, and small amounts of clinopyroxene and spinel. These minerals show kink banding and bent lamellae which are indicative of plastic deformation. Major element geochemistry of the spinel harzburgites reveals high Cr# (0.53-0.78) and Mg# (0.40-0.51) in spinel, and high NiO wt.% (0.40-0.43) and Fo contents (89.9-90.5) in olivine reflecting residual origin. Their geochemical composition is comparable to the residual peridotites in arc settings. Consequently, the plagioclase peridotites have lower Mg# (0.23-0.34) and relatively high Cr# (0.60-0.61) in spinel, as well as lower Fo (83.3-85.9) contents in olivine. Spinel and clinopyroxene in the plagioclase peridotites have higher TiO_2 contents compared with those of the spinel harzburgites. Clinopyroxene in plagioclase peridotites are marked by strong depletion in LREE and flat MREE to HREE with significant negative Eu and Sr anomalies. In contrast, the spinel harzburgites have lower REE abundances which suggest higher degrees of partial melting. We propose that the spinel harzburgites of the southern Palawan Ophiolite are residual peridotites formed by high degrees of partial melting above a subduction zone and were subsequently infiltrated by melts leading to the formation of the plagioclase peridotites.

Keywords: Palawan Ophiolite, plagioclase peridotites, melt-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1], Kenichiro Tani[2]

1. Geological Survey of Japan, 2. National Museum of Nature and Science

The Kermadec intra-oceanic arc comprises 33 active arc front volcanoes along its ~1200 km length, which represent key targets for studying the formation of Earth’ s crust. The discovery of numerous submarine caldera volcanoes and dacitic to rhyolitic pumice deposits from this setting has prompted new models for the genesis of intra-oceanic silicic arc magmas. A detailed investigation of the 2012 eruption of rhyolite pumice and lava at Havre volcano has provided a valuable opportunity to test these models. Moreover, the retrieval of older volcanic deposits from the edifice has given critical context for studying magma genesis throughout the lifetime of the volcano. Here we present whole-rock, mineral and glass major and trace element data for volcanic rock samples collected from Havre volcano. The samples, which span a compositional range from basalt to rhyolite, display several key features that support arguments against the derivation of silicic magmas primarily through crustal anatexis: (1) the range of sample compositions fit along coherent crystal fractionation trends; (2) low-MgO aphyric andesites fill the gap within the general bimodality of eruptive products from the Kermadec arc; and (3) there is a scarcity of tonalitic xenoliths. These features favour crystal fractionation over crustal anatexis as the dominant process for generating the compositional diversity seen at Havre volcano.

Keywords: rhyolite, magma genesis, Havre volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_33

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)

近年、地殻の薄い海洋島弧が大陸生成の場ではないのか、という考えや、中央海嶺における正断層に沿った海水のしみこみがマントル融解を引き起こして、モホ面を形成するのではないか、という考えが出されている。地表ー地殻ーマントルの関係やマントルから地殻を通して噴火に至るマグマの生成・挙動に関して、火山学、地球化学、岩石学、地質学、年代学、地球物理学などの広い分野からの投稿を期待する。

[SMP30-P01] Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6] (1.海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2.東京大学地震研究所、3.キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4.海洋研究開発機構高知コア研究所、5.中国科学院海洋研究所、6.リーズ大学地球環境学部)

[SMP30-P02] 御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1] (1.東京大学広域科学専攻、2.学習院大学理学部化学科、3.岡山理科大学理学部基礎理学科)

[SMP30-P03] **Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

[SMP30-P04] 小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5] (1.海洋研究開発機構、2.産業技術総合研究所、3.金沢大学、4.国立極地研究所、5.日本海洋事業)

[SMP30-P05] 南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1] (1.海洋研究開発機構、2.海上保安庁、3.新潟大学、4.トルース大学、5.名古屋大学)

[SMP30-P06] **Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines**

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1]、BETCHAIDA D PAYOT[1]、GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1]、JULIUS A PASCO[1]、JESLEY MEI A DYCOCO[1] (1.UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES)

[SMP30-P07] Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1]、Kenichiro Tani[2] (1.Geological Survey of Japan、2.National Museum of Nature and Science)

Secular evolution of proto-Izu-Bonin-Mariana arc volcanism: Constraints from statistical analysis of melt inclusion compositions

*浜田 盛久[1]、岩森 光[1,2]、Brandl Philipp[3]、牛久保 孝行[4]、清水 健二[4]、伊藤 元雄[4]、李 賀[5]、Savov Ivan[6]
*Morihisa Hamada[1], Hikaru Iwamori[1,2], Philipp A. Brandl[3], Takayuki Ushikubo[4], Kenji Shimizu[4], Motoo Ito[4], He Li[5], Ivan P. Savov[6]

1. 海洋研究開発機構地球内部物質循環研究分野、2. 東京大学地震研究所、3. キールGEOMARヘルムホルツ海洋研究センター、4. 海洋研究開発機構高知コア研究所、5. 中国科学院海洋研究所、6. リーズ大学地球環境学部
1. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, 4. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 6. School of Earth and Environment, University of Leeds

International Ocean Discovery Program (IODP) Expedition 351 'Izu–Bonin–Mariana (IBM) Arc Origins' drilled Site U1438, situated in the north-western margin of the Philippine Sea, into volcaniclastic sediments of the proto-IBM arc. Brandl *et al.* (2017, *Earth and Planetary Science Letters*) have analysed the major, trace and volatile elements of 304 melt inclusions hosted in fresh silicate minerals to unveil the magmatic evolution of the proto-IBM arc between 30 and 40 Ma, when the arc volcanism matured following subduction initiation at 52 Ma. Brandl *et al.* (2017) concluded that: (1) volcanism of the proto-IBM arc shifted from calc-alkaline affinity to tholeiitic affinity over time; and (2) such compositional shift is linked to both the volcanic productivity and the maturation of an evolving island arc. To better integrate the composition of melt inclusions with the magmatic evolution of the proto-IBM arc, this study extends the dataset of Brandl *et al.* (2017) by: (1) additional analysis of volatiles (H_2O, S, F and Cl) and P_2O_5 for 47 carefully selected melt inclusions by Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS); and (2) statistical analysis on the composition of 237 representative melt inclusions covering the full time range (30–40 Ma) of the dataset. Based on statistical analysis of the melt inclusion compositions and by considering trace element compositions and volatile concentrations, we can confidently distinguish five main clusters of melt inclusion compositions which can be further separated into a total of nine sub-clusters. Among the nine sub-clusters, we identified three major magma types: (1) medium-K enriched magmas which form a tholeiitic trend (30–38 Ma); (2) less-depleted medium-K melts which form a calc-alkaline trend (35–39 Ma); and (3) low-K depleted magmas which form a calc-alkaline trend (35–40 Ma). We demonstrate that: (1) volcanism of calc-alkaline depleted magmas lasted until 35 Ma; (2) the volcanism of calc-alkaline depleted magmas and that of more enriched normal arc magmas (tholeiitic and calc-alkaline affinities) overlap between 35 and 38–39 Ma and; (iii) the volcanism of normal arc magmas became predominant thereafter at the proto-IBM arc. Such identification of three major magma types is distinct from that of Brandl *et al.* (2017), in which less-depleted medium-K calc-alkaline magmas amd depleted low-K calc-alkaline gammas were not distinguished. We infer that depleted source mantle had been replaced by enriched mantle due to mantle convection beneath the proto-IBM arc from >40 Ma to 35 Ma. Statistical analysis is a useful tool to partition a mixture of multivariable dataset, such as datasets of melt inclusion compositions, into several distinct groups and potentially reconstruct their geological evolution.

キーワード：奄美三角海盆、国際深海科学掘削計画、伊豆-小笠原-マリアナ弧、メルト包有物、統計解析、揮発性成分
Keywords: Amami Sankaku Basin, International Ocean Discovery Ptrogram, Izu-Bonin-Mariana arc, Melt inclusion, Statistical analysis, Volatiles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

御荷鉾緑色岩類源岩のジュラ紀火成活動: ジルコンU-Pb年代と微量元素組成から

The Jurassic magmatism of protoliths of Mikabu greenstones in SW Japan: zircon U-Pb dating and trace element analysis

*沢田 輝[1]、磯崎 行雄[1]、青木 翔吾[3]、坂田 周平[2]、長谷川 遼[1]、中村 保夫[1]
*Hikaru Sawada[1], Yukio Isozaki[1], Shogo Aoki[3], Shuhei Sakata[2], Ryo Hasegawa[1], Yasuo Nakamura[1]

1. 東京大学広域科学専攻、2. 学習院大学理学部化学科、3. 岡山理科大学理学部基礎理学科
1. Department of General Systems Studies, the University of Tokyo, 2. Department of Chemistry, Gakushuin Universtiy, 3. Department of Applied Science, Okayama University of Science

The Mikabu greenstones, incorporated with the Cretaceous high P/T-type Sanbagawa metamorphic belt in SW Japan, are accreted fragments of an oceanic plateau. We identified a Late Jurassic igneous age for the protoliths of the Mikabu greenstones in the eastern Kii Peninsula, by measuring U-Pb age and trace element composition (REE, Y, Sc, Nb, Ta, Hf, U, Th) of zircon grains with an Agilent 8800 single-collector triple quadrupole ICPMS coupled to a NWR-213 laser-ablation system. The U-Pb ages have a weighted average of 154.6 ±1.6 Ma (the Kimmeridgian, Late Jurassic) with an overlap within 2-sigma error. The igneous age is slightly younger than the previously reported radiolarian ages (Middle Jurassic) of deep-sea pelagic chert associated with the Mikabu greenstones. The age difference between them suggests that mafic magmas intruded pelagic deep-sea sediments on the pre-existing oceanic lithosphere. Trace element composition further indicates that the dated zircon grains are more similar to those in oceanic crusts than in granitic continental crusts, and the host mafic magma of the zircon grains was derived from depleted mantle like the mid-oceanic ridge-type source, rather than fertile mantle sources like Hawaii and Iceland. As rocks from the Shatsky Rise in the modern NW Pacific Ocean have similar age and compositional characteristics, this study concluded that the protoliths of the Mikabu greenstones had formed a part of an oceanic plateau, which was generated by the Late Jurassic intra-oceanic plate mafic magmatism in the ancient Pacific Ocean.

キーワード：御荷鉾緑色岩、ジルコン、ジュラ紀、海台、ウラン鉛年代、微量元素
Keywords: Mikabu greenstones, zircon, Jurassic, oceanic plateau, U-Pb age, trace element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origin of variable CaO/Al_2O_3 in olivine-hosted melt inclusions from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc

*平井 康裕[1]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、羽生 毅[2]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2]
*Yasuhiro Hirai[1], Yoshihiko Tamura[2], Kaj Hoernle[3], Christian Timm[4], Folkmar Hauff[3], Reinhard Werner[3], Takeshi Hanyu[2], Bogdan Vaglarov[2], Qing Chang[2], Takashi Miyazaki[2], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 金沢大学大学院 自然科学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. ゲオマール海洋研究所、4. GNSサイエンス
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Japan, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokosuka, Kanagawa, Japan, 3. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

During R/V SONNE expedition SO-255 mafic basaltic to magnesian andesitic lavas containing melt inclusion hosting forsteritic olivines ($Fo_{90.3–92.4}$) were recovered from Kibblewhite Volcano, southern Kermadec Arc. The re-homogenized melt inclusions have compositions similar to primitive basalt (49.6–52.0 wt.% SiO_2; 12.7–15.9 wt.% MgO). Their CaO/Al_2O_3 values, however, range from 0.9 to 1.6, which cannot be explained by melting of lherzolite. Moreover, CaO/Al_2O_3 values in the melt inclusions correlate negatively with Ni contents of their host olivines suggesting that the high CaO/Al_2O_3 values result from interaction between mafic melts and subarc lithospheric mantle. Prior to the interaction the mafic magma must have had high Ni contents and low CaO/Al_2O_3 values, thus they crystallized high Ni olivines trapping low CaO/Al_2O_3 melt inclusions. During the interaction the olivines crystallized from the mafic magmas and its latent heat assimilated pyroxenes from the surrounding lithospheric mantle. This assimilation of pyroxenes allowed the Ni content of the melt to decrease and CaO/Al_2O_3 to increase while buffering the the Mg-number of the mafic magmas during the ascent. Thus, magmas during and after the interaction could crystallize low Ni olivines bearing high CaO/Al_2O_3 melt inclusions.

キーワード：Subduction zone、Kermadec Arc、Kibblewhite Volcano、SO-255、Olivine-hosted melt inclusion
Keywords: Subduction zone, Kermadec Arc, Kibblewhite Volcano, SO-255, Olivine-hosted melt inclusion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

小笠原弧土曜海山のアンカラマイト：大陸出現の前駆物質か？
Ankaramite from Doyo seamount in the Izu-Ogasawara arc: A precursor of continents?

*田村 芳彦[1]、佐藤 智紀[1]、石塚 治[1,2]、宮崎 隆[1]、平井 康裕[1,3]、竹原 真美[4]、坂本 衣里[5]
*Yoshihiko Tamura[1], Tomoki Sato[1], Osamu Ishizuka[1,2], Takashi Miyazaki[1], Yasuhiro Hirai[1,3], Mami Takehara[4], Eri Sakamoto[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 産業技術総合研究所、3. 金沢大学、4. 国立極地研究所、5. 日本海洋事業
1. JAMSTEC, 2. AIST, 3. Kanazawa Univ., 4. NIPR, 5. NME

Izu-Ogasawara-Mariana (IOM) system of arcs (also known as the Izu-Bonin-Mariana arc system) is a typical oceanic arc produced by subduction of the Pacific Plate beneath the Philippine Sea Plate. Volcanoes along the southern segment of the Izu-Ogasawara arc are underlain by thin crust (10-20 km). According to the hypothesis presented by Tamura *et al.* (2016), rising mantle diapirs stall near the base of the oceanic crust at depths controlled by the thickness of the overlying crust. Where the crust is thin, melting occurs at relatively low pressures in the mantle wedge producing andesitic magmas. Andesites erupted from Nishinoshima that were produced in the recent history of the volcano have been generated by olivine fractionation of primary andesitic magmas (Tamura *et al.*, 2019).

To further examine this hypothesis, we have dived Doyo Seamount by using manned submersible SHINKAI 6500 to sample primitive magmas from the volcano, which is located about 50 km north of Nishinoshima and is underlain by thinner curst (15 km) compared to Nishinoshima. Doyo Seamount is located approximately 900 km south of Tokyo at 27˚41’ N, 140˚48’ E in the Ogasawara Arc. The seamount attained an elevation of ~400 m below sea level (mbsl) and its submarine flanks extend to the depth of 3,200 mbsl. The basal dimeter of the volcano is about 30 km. The deeper parts of this large submarine edifice have yet to be explored. Primitive lavas tend to erupt in the deeper parts of submarine volcanoes at the depth of ~2,000 m. Deeper satellite vents are expected to erupt more primitive magmas compared to the main summit vents because primitive magmas could bypass the shallow magma chambers where crystal fractionation and magma mixing happen.

There is a small satellite cone about 11 km east of the summit of Doyo Seamount at the depth of ~3,000 m. A ridge extends on the flank of the volcano from the summit in the ENE direction to the depth of ~2,400 m. Thus, we tried to sample this satellite cone and the deeper part of the ridge. Interestingly, 13 samples out of all 21 samples, which we have recovered during this dive 6K#1519, are olivine-clinopyroxene basalts containing 20-40 % of very coarse clinopyroxene phenocrysts, which could be called ankaramite (Figure 1). Ankaramites are strongly vesiculated and their blocks have rough and rugged surface, which are different from smooth surface of basaltic pillow lavas. Some of ankaramite magmas might have had explosive eruptions at the depth of 2,000~3,000 m, which have resulted in volcaniclastic cones or brecciated lava flows.

Similar primitive and phenocryst-rich ankaramitic basalts were recovered from the old submarine knolls near Nishinoshima (Tamura et al., 2019). We suggested that lithospheric mantle was thicker before the development of Nishinoshima volcano (Figure 2). Primary basaltic magmas could have been generated at depth beneath the thicker lithospheric lid, and these magmas might have interacted with the lithospheric uppermost mantle during their ascent and have resulted in the unique ankaramite magmas (Figure 1). The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

temperature of the upper part of the mantle wedge increases with frequent passage of magmas through it, and continuous subduction beneath it will drench the whole mantle wedge, thus, the thickness of the lithosphere will decrease and approach the thickness of the curst in mature arcs. Doyo Seamount could represent the early stage of Nishinoshima volcano, and thus, ankaramite magma is deemed to be a precursor of andesitic magmas.

References

Tamura et al. (2016). Advent of continents: A new hypothesis. *Scientific Reports* **6,** 33517.
Tamura et al. (2019). Nishinoshima volcano in the Ogasawara Arc: New continent from the ocean? *Island Arc* **28,** e12285.

キーワード：アンカラマイト、安山岩、大陸、海洋島弧、リソスフェア、マントルウエッジ
Keywords: ankaramite, andesite, continent, oceanic arc, lithosphere, mantle wedge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

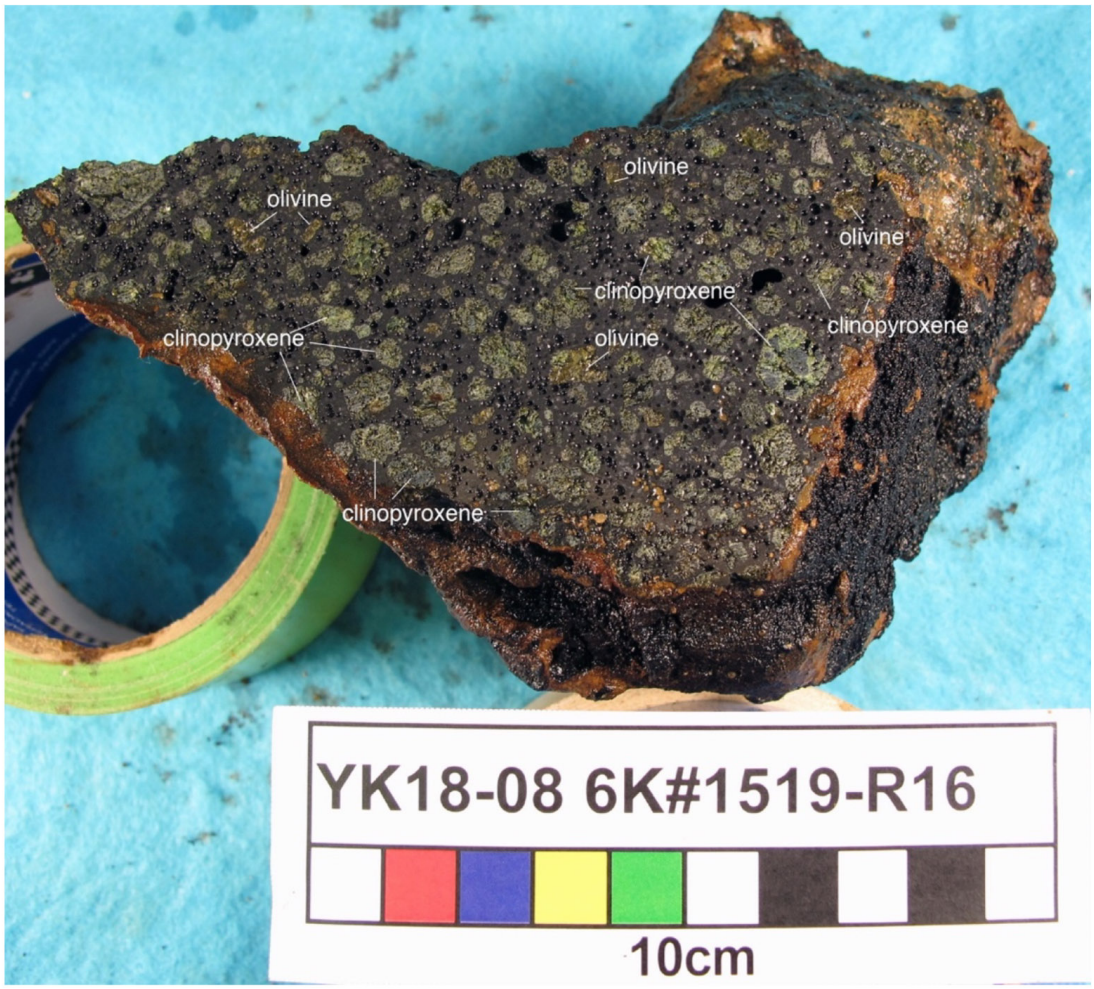


Figure 1. Ankaramite recovered from Doyo Seamount.

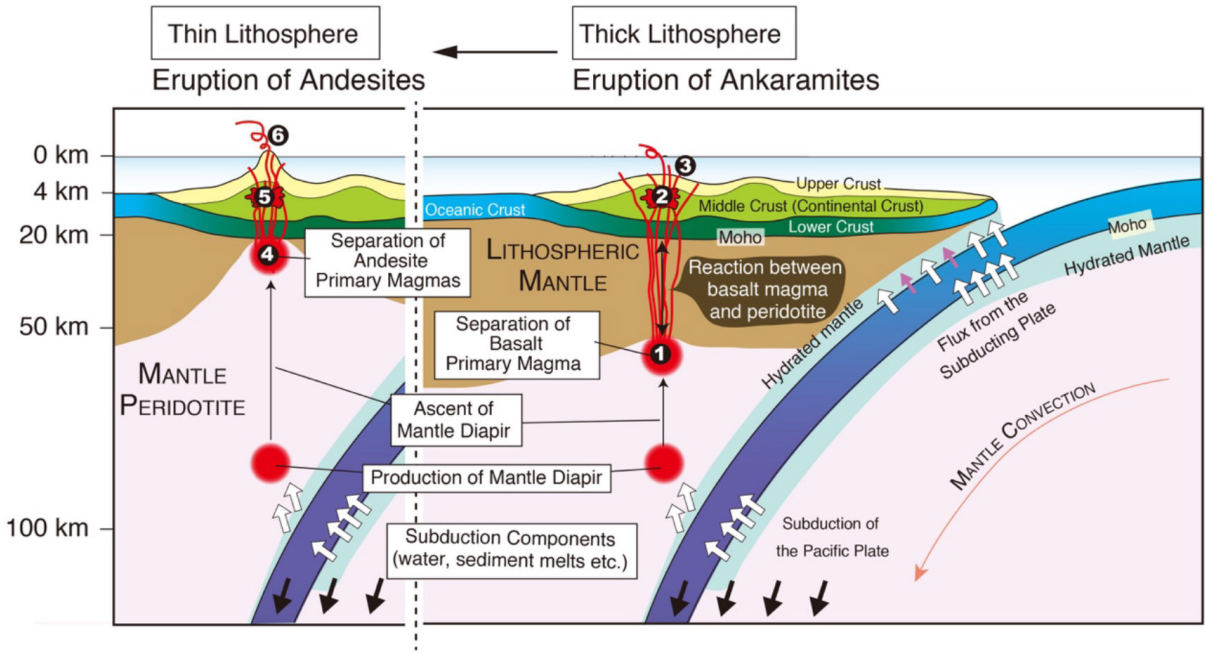


Figure 2. Schematic diagrams showing the genesis of andesite and ankaramite magmas in the Ogasawara arc.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南鳥島周辺海域のモホ反射面の多様性とその岩石学的成因
Different Moho reflections adjacent to Minami-Tori Shima and their petrologic origins

*田村 芳彦[1]、金田 謙太郎[2]、藤江 剛[1]、大平 茜[1]、高澤 栄一[3]、Georges Ceuleneer[4]、道林 克禎[5]、佐藤 智紀[1]、小平 秀一[1]、三浦 誠一[1]
*Yoshihiko Tamura[1], Kentaro Kaneda[2], Gou Fujie[1], Akane Ohira[1], Eiichi TAKAZAWA[3], Georges Ceuleneer[4], Katsuyoshi Michibayashi[5], Tomoki Sato[1], Shuichi Kodaira[1], Seiichi Miura[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 海上保安庁、3. 新潟大学、4. トルース大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Maine-Earth Science and Technology, 2. Japan Coast Guard, 3. Niigata University, 4. Universite de Toulouse, 5. Nagoya University

It is the common knowledge that Moho is the boundary between the crust and mantle, which was discovered by and named after Croatian seismologist Mohorovičić. We have shown that Moho is not the crust-mantle boundary and presented a new hypothesis about the origin of Moho based on seismological and petrological observations (Tamura et al., EGU2018-11069-2; JpGU2018 SMP36-05; AGCC2018 abstract volume590; Tamura et al., in preparation). Direct drilling and sampling of Moho could be the best scenario to examine the hypothesis. However, IODP drillings of basaltic crust could estimate the petrologic origins of the crust-mantle boundary far below the seafloor, which could be useful to examine the hypothesis of formation of Moho.

Kaneda et al. (2010) conducted seismic surveys across the Marcus-Wake seamount chain near Minami-Tori Shima, which is the Japanese easternmost and one and only island on the Pacific Plate. They found contrasting seafloor in the north and south of the seamount chain, which were referred to the northern and southern basins (Figure 1). Average water depths in the northern and southern basins are about 5900 m and 5700 m, respectively. Magnetic anomalies suggest Jurassic ages of M32 (159 Ma) and M42 (167 Ma) for the northern and southern basins, respectively. The southern basin has the clear Moho reflections, which are characteristically sharp, single, flat, and continuous, and of large amplitude, but in the northern basin, Moho reflections are extremely weak or even absent. Interestingly, the crust of the southern basin has a constant thickness of 7.5-8.0 km, but the crust of the northern basin shows a constant thickness of 6 km, 1.5-2 km thinner than that of the northern basin.The correlation between Moho reflections and crustal thicknesses have been generally observed in other seismic profiles (e.g. Ohira et al., 2017).

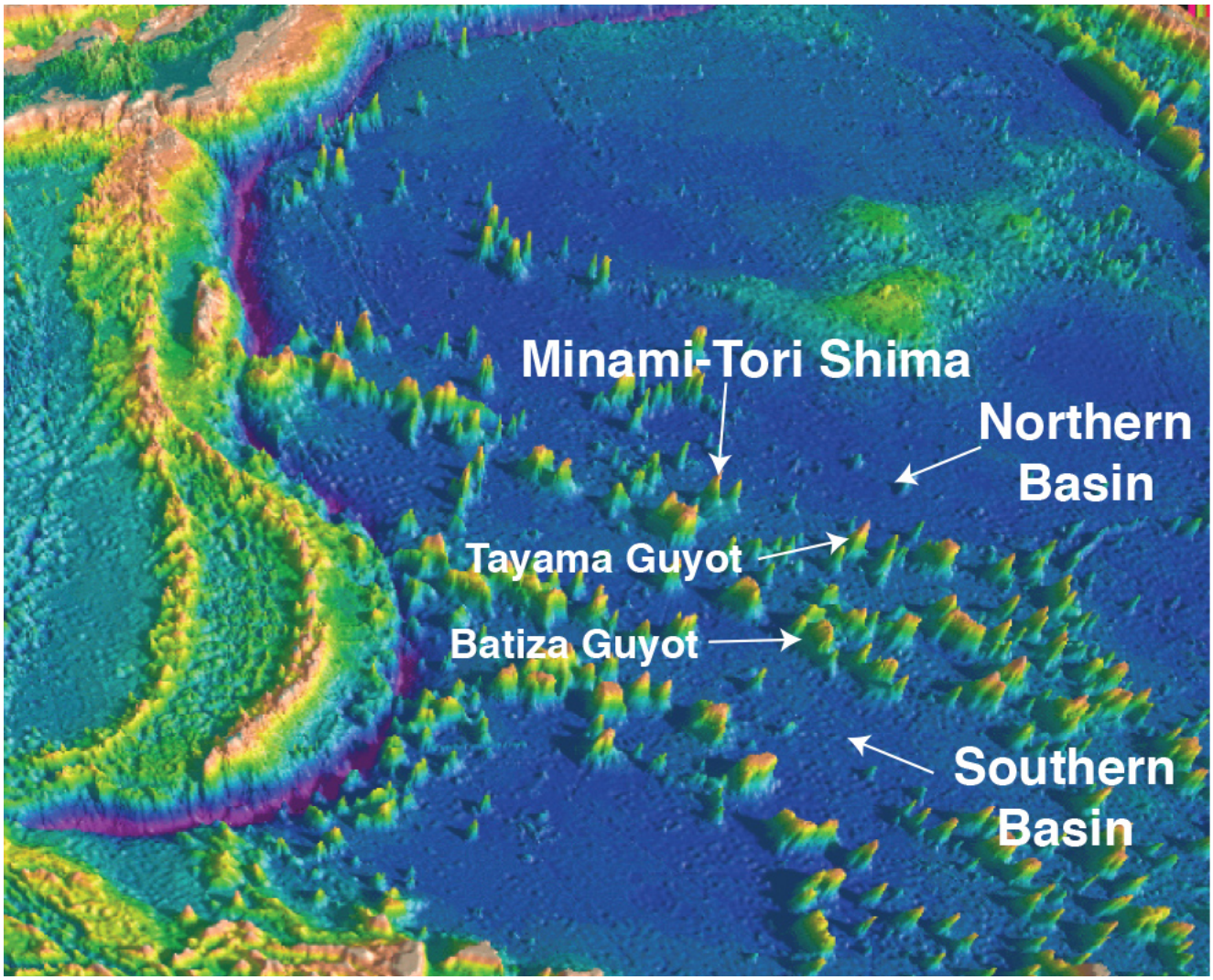
The boundary between mantle peridotite and layered gabbro from the lower oceanic crust in the Oman ophiolite consists of a dunitic transition zone (DTZ), mostly made of olivine + scattered Cr-spinel. The thickness of DTZ ranges from a few meters to a few hundred meters. When mantle melts under hydrous conditions, the liquidus field of forsterite expands relative to that of enstatite and enstatite melts incongruently to produce dunites and andesitic melts.

We present here a new hypothesis that (1) accidental influx of seawater at the mid-ocean ridges results in hydrous melting of mantle peridotite just beneath the crust and produces thick dunite at the crust-mantle boundaries, (2) the thick dunite represents reflective Moho, and (3) this additional hydrous melting of shallowest mantle increases the thickness of oceanic crust.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Although the andesitic melts, which are the outgrowth of dunites, would be mixed with dominant basaltic melts extracted from the deeper parts of melting column of MORB, there must be systematic and significant differences between crustal materials with Moho and those without Moho. Comparative drillings of oceanic crust in the northern and southern basins for future IODP expeditions will reveal the differences of basalts and examine the models for Moho.

キーワード：モホ、南鳥島、ダナイト、マントル、地殻、玄武岩
Keywords: Moho, Minami-Tori Shima, dunite, mantle, crust, basalt



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melt-rock interaction in plagioclase peridotites from the southern Palawan Ophiolite, Philippines

*FLORENCE ANNETTE CRUSPERO LABIS[1], BETCHAIDA D PAYOT[1], GABRIEL THEOPHILUS V VALERA[1], JULIUS A PASCO[1], JESLEY MEI A DYCOCO[1]

1. UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES

This work presents new petrographic and geochemical data on the plagioclase peridotites and the spinel harzburgites of the mantle section of the southern Palawan Ophiolite. The plagioclase peridotites show peculiar textures evident of melt-rock interaction as indicated by: (1) interstitial clinopyroxene and subhedral orthopyroxene around plagioclase, and (2) plagioclase blebs within the peridotite matrix. The spinel harzburgites display protogranular to porphyroclastic textures and dominantly composed of olivine, orthopyroxene, and small amounts of clinopyroxene and spinel. These minerals show kink banding and bent lamellae which are indicative of plastic deformation. Major element geochemistry of the spinel harzburgites reveals high Cr# (0.53-0.78) and Mg# (0.40-0.51) in spinel, and high NiO wt.% (0.40-0.43) and Fo contents (89.9-90.5) in olivine reflecting residual origin. Their geochemical composition is comparable to the residual peridotites in arc settings. Consequently, the plagioclase peridotites have lower Mg# (0.23-0.34) and relatively high Cr# (0.60-0.61) in spinel, as well as lower Fo (83.3-85.9) contents in olivine. Spinel and clinopyroxene in the plagioclase peridotites have higher TiO_2 contents compared with those of the spinel harzburgites. Clinopyroxene in plagioclase peridotites are marked by strong depletion in LREE and flat MREE to HREE with significant negative Eu and Sr anomalies. In contrast, the spinel harzburgites have lower REE abundances which suggest higher degrees of partial melting. We propose that the spinel harzburgites of the southern Palawan Ophiolite are residual peridotites formed by high degrees of partial melting above a subduction zone and were subsequently infiltrated by melts leading to the formation of the plagioclase peridotites.

Keywords: Palawan Ophiolite, plagioclase peridotites, melt-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Intra-oceanic arc magma genesis: a case study from Havre volcano, Kermadec arc

*Chris Conway[1], Kenichiro Tani[2]

1. Geological Survey of Japan, 2. National Museum of Nature and Science

The Kermadec intra-oceanic arc comprises 33 active arc front volcanoes along its ~1200 km length, which represent key targets for studying the formation of Earth’ s crust. The discovery of numerous submarine caldera volcanoes and dacitic to rhyolitic pumice deposits from this setting has prompted new models for the genesis of intra-oceanic silicic arc magmas. A detailed investigation of the 2012 eruption of rhyolite pumice and lava at Havre volcano has provided a valuable opportunity to test these models. Moreover, the retrieval of older volcanic deposits from the edifice has given critical context for studying magma genesis throughout the lifetime of the volcano. Here we present whole-rock, mineral and glass major and trace element data for volcanic rock samples collected from Havre volcano. The samples, which span a compositional range from basalt to rhyolite, display several key features that support arguments against the derivation of silicic magmas primarily through crustal anatexis: (1) the range of sample compositions fit along coherent crystal fractionation trends; (2) low-MgO aphyric andesites fill the gap within the general bimodality of eruptive products from the Kermadec arc; and (3) there is a scarcity of tonalitic xenoliths. These features favour crystal fractionation over crustal anatexis as the dominant process for generating the compositional diversity seen at Havre volcano.

Keywords: rhyolite, magma genesis, Havre volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)、座長:田村 芳彦(JAMSTEC)、Chris Conway、森下 知晃(金沢大学)

近年、地殻の薄い海洋島弧が大陸生成の場ではないのか、という考えや、中央海嶺における正断層に沿った海水のしみこみがマントル融解を引き起こして、モホ面を形成するのではないか、という考えが出されている。地表ー地殻ーマントルの関係やマントルから地殻を通して噴火に至るマグマの生成・挙動に関して、火山学、地球化学、岩石学、地質学、年代学、地球物理学などの広い分野からの投稿を期待する。

13:45 ~ 14:00

[SMP30-01] **Noble gas and carbon isotopic compositions of petit-spot lavas from southeast of Marcus Island**

★Invited Papers

*山本 順司[1]、河野 哲馬[2]、高畑 直人[3]、佐野 有司[3] (1.北海道大学総合博物館、2.北海道大学大学院理学院、3.東京大学大気海洋研究所)

14:00 ~ 14:15

[SMP30-02] A series of cummingtonite-bearing rhyolites in Niijima, Izu-Bonin arc, Japan: petrological and geochemical constraints

★Invited Papers

*荒川 洋二[1]、遠藤 大介[2]、大鹿 淳也[3]、新村 太郎[4]、池端 慶[1] (1.筑波大学　生命環境系 地球進化科学専攻、2.島根県立三瓶博物館サヒメル、3.中国地質大学（武漢）地球資源学部、4.熊本学園大学　経済学部)

14:15 ~ 14:30

[SMP30-03] **Generation of primary andesitic magma in oceanic arcs: Evidence from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc**

★Invited Papers

*平井 康裕[1,2]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2] (1.金沢大学大学院 自然科学研究科、2.海洋研究開発機構、3.ゲオマール海洋研究所、4.GNSサイエンス)

14:30 ~ 14:45

[SMP30-04] Petrogenesis of high-Mg# andesite lavas from Ruapehu volcano, New Zealand

*Chris Conway[1]、Katy Chamberlain[2]、Yumiko Harigane[1]、Daniel Morgan[3] (1.Geological Survey of Japan、2.Univ. Derby、3.Univ. Leeds)

14:45 ~ 15:00

[SMP30-05] Hydrous felsic magma generated by unmixing of slab-derived supercritical liquid: evidence from Rishiri Volcano, Kuril Arc

★Invited Papers

*谷内 元[1]、栗谷 豪[2,3]、横山 哲也[4,3]、中村 栄三[3]、中川 光弘[2] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2.北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3.岡山大学惑星物質研究所、4.東京工業大学理学院地球惑星科学系)

15:00 ~ 15:15

[SMP30-06] Genesis of recent mafic volcanism in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand: insights into the birth and death of cataclysmic caldera-forming systems?

*Georg F Zellmer[1]、Jun-Ichi Kimura[2]、Claudine Stirling[3]、Gert Lube[1]、Phil A Shane[4] (1.Volcanic Risk Solutions, Massey University, Tennent Drive, Palmerston North 4410, New Zealand、2.Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology [JAMSTEC], Natsushima-cho 2-15, Yokosuka 237-0061, Japan、3.Department of Chemistry, University of Otago,

Dunedin 9054, New Zealand、4.School of Environment, University of Auckland, Auckland 1142, New Zealand)

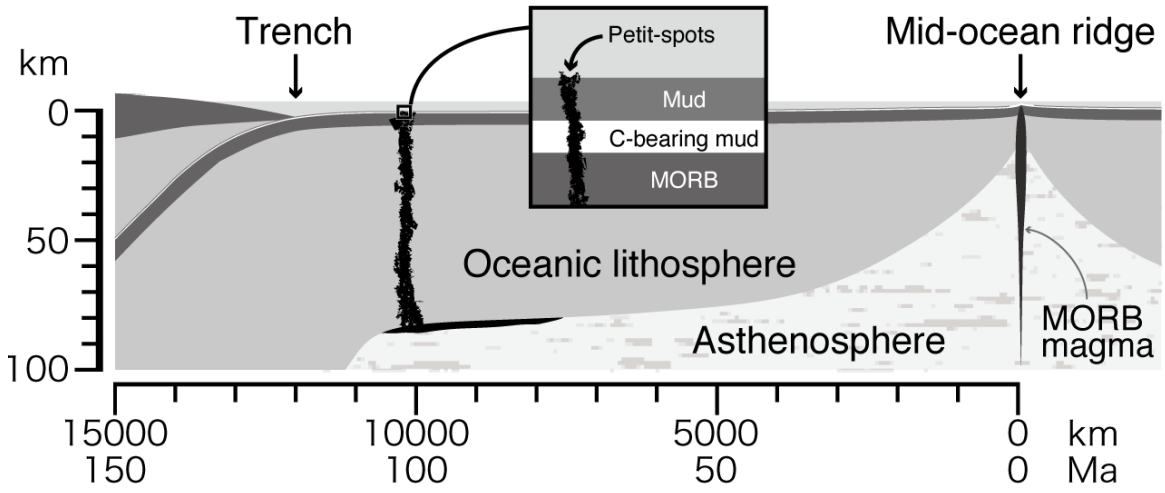
Noble gas and carbon isotopic compositions of petit-spot lavas from southeast of Marcus Island

*山本 順司[1]、河野 哲馬[2]、高畑 直人[3]、佐野 有司[3]
*Junji Yamamoto[1], Tetsuma Kawano[2], Naoto Takahata[3], Yuji Sano[3]

1. 北海道大学総合博物館、2. 北海道大学大学院理学院、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Hokkaido University Museum, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute

We measured noble gas isotopic compositions of quenched lavas sampled from seamounts, so-called petit-spot volcanoes, on the 160-million-year-old northwestern Pacific Plate. The samples $^{3}He/^{4}He$ and $^{40}Ar/^{36}Ar$ ratios were, respectively, 2.5–8.3 Ra and up to 1735, where Ra stands for atmospheric $^{3}He/^{4}He$, which are analogous to or lower than those of MORB. Considering narrow sampling regions, a secondary effect might be responsible for variation of the data.
During ascent and subsequent cooling of magma in the oceanic lithosphere, chemical components in the magma will be assimilated with those in the lithosphere. Correlation between $CO_2/^{3}He$ ratios and carbon isotopic ratios suggests that carbon was affected by the incorporation of seafloor carbonate. The same would be true of noble gases. The mixing of noble gases among a mantle source, an atmospheric component dissolved in seawater and a radiogenic component can explain the data distribution. There is no $^{3}He/^{4}He$ ratio exceeding MORB-like value. The mantle source of the petit-spot magma was likely to have had a MORB-like $^{3}He/^{4}He$ ratio originally. The eruption of petit-spot magma shows a close relation with the bending of subducting oceanic plates. The MORB-like $^{3}He/^{4}He$ ratio supports the hypothesis that the petit-spot magma is derived from the lithosphere–asthenosphere boundary.

キーワード：希ガス、炭素同位体、プチスポット、リソスフェアーアセノスフェア境界、地殻同化
Keywords: noble gases, carbon isotope, petit-spot, lithosphere-asthenosphere boundary, crustal assimilation



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A series of cummingtonite-bearing rhyolites in Niijima, Izu-Bonin arc, Japan: petrological and geochemical constraints

*荒川 洋二[1]、遠藤 大介[2]、大鹿 淳也[3]、新村 太郎[4]、池端 慶[1]
*Yoji Arakawa[1], Daisuke Endo[2], Junya Oshika[3], Taro Shinmura[4], Kei Ikehata[1]

1. 筑波大学　生命環境系 地球進化科学専攻、2. 島根県立三瓶博物館サヒメル、3. 中国地質大学（武漢）地球資源学部、4. 熊本学園大学　経済学部
1. Earth Evolution Sciences, Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Shimane Prefectural Sanbe Nature Museum Sahimeru (Shimane) , 3. Earth Resoueces Faculty, China University of Geosciences, 4. Faculty of Economics, Kumanoto-Gakuen University

Niijima volcano in the northern part of the Quaternary Izu–Bonin volcanic arc, Japan, consists predominantly of rhyolitic volcanic units and minor basaltic and andesitic units. Most of the rhyolites are characterized by a phenocryst assemblage of orthopyroxene (Opx), cummingtonite (Cum), biotite (Bt), and hornblende, and a lack of clinopyroxene (Cpx). These rocks can be classified into four types: Opx–Cum, Cum, Cum–Bt, and Bt according to their eruption sequence (e.g., Isshiki, 1987; Endo et al., 2010). Cummingtonite is a common phenocryst phase and is present in most of the rhyolitic units. This sequence of cummingtonite-bearing rhyolites is a unique feature amongst the silicic volcanoes of the northern Izu–Bonin volcanic arc, most of which have an Opx–Cpx phenocryst assemblage (Shukono et al., 2006; Tamura et al., 2009; Haraguchi et al., 2017).

The decreasing anorthite contents (An mol.%) of plagioclase and Mg values (Mg#) of cummingtonite and biotite with time possibly indicate a gradual decrease in the temperature (and pressure) of the magmas. The rhyolites have high whole-rock SiO_2 (73–78 wt.%) and K_2O (1.5–3.3 wt.%) contents, and their trace element contents and patterns differ slightly amongst and within the four types. Highly differentiated rare earth element (REE) patterns characterize most of the rhyolites from Niijima volcano. All rock types from Niijima volcano have limited ranges of isotope values ($^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0.70317–0.70339; $^{143}Nd/^{144}Nd$ = 0.51303–0.51308). The phenocryst assemblages and mineral chemistries of the rhyolitic volcanic rocks suggest that these magmas were produced under low temperatures (<800˚C) and low pressures (<3 kbar), and possibly water-saturated conditions, which is consistent with the experimental results for similar dacites and rhyolites from other volcanic arcs (Geschwind and Rutherford, 1992; Nicholls et al., 1992). Major and trace element variations indicate that fractionation of mostly plagioclase and amphibole was the dominant process during evolution of the rhyolitic magma, as supported by the presence of tonalite–granite xenoliths with cumulate textures and chemistries.

The coeval basaltic and andesitic volcanic units and mafic–intermediate inclusions (or enclaves) indicate that these magmas played an important role in the generation and evolution of the dominant rhyolitic magmas. The parental rhyolitic magmas are likely to have been generated by partial melting of lower to middle crust as a result of basaltic underplating, after which the magmas ascended and fractionated into more silicic magmas, producing more than 13 magma units at shallow crustal levels. At deeper crustal levels, basaltic and rhyolitic (or dacitic) parental magmas were mixed to produce andesitic to dacitic magmas, and these magmas ascended and mingled with the shallow rhyolitic magmas before eruption. The complex magmatic system beneath Niijima volcano was developed within a relatively thick crustal sequence on the rear-arc side of the Izu–Bonin volcanic arc.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：新島火山、カミンゴトン閃石、高シリカ流紋岩、伊豆ー小笠原火山弧、玄武岩質ー安山岩質包有物
Keywords: Niijima volcano, Cummingtonite, High-silica rhyolite, Izu-Bonin arc, basaltic-andesitic inclusions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Generation of primary andesitic magma in oceanic arcs: Evidence from Kibblewhite Volcano, Kermadec Arc

*平井 康裕[1,2]、田村 芳彦[2]、Kaj Hoernle[3]、Christian Timm[4]、Folkmar Hauff[3]、Reinhard Werner[3]、Bogdan Vaglarov[2]、常 青[2]、宮崎 隆[2]、木村 純一[2]
*Yasuhiro Hirai[1,2], Yoshihiko Tamura[2], Kaj Hoernle[3], Christian Timm[4], Folkmar Hauff[3], Reinhard Werner[3], Bogdan Vaglarov[2], Qing Chang[2], Takashi Miyazaki[2], Jun-Ichi Kimura[2]

1. 金沢大学大学院 自然科学研究科、2. 海洋研究開発機構、3. ゲオマール海洋研究所、4. GNSサイエンス
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Japan, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Yokosuka, Kanagawa, Japan, 3. GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

Melting of hydrous subarc mantle at low pressure (<1 GPa) may produce primary andesitic melts, suggesting that primary andesitic lavas can be expected in oceanic arcs where the crust is thin (Tamura et al., 2016). Beneath thick crust, melting of hydrous mantle at higher pressures will occur at higher pressures below the thick crust, generating basaltic primary melts. Recently, Tamura et al. (2018) discovered olivine-bearing andesites derived from primary andesitic melts at the Nishinoshima volcano in the Ogasawara Arc, Japan, where the crustal thickness is 21 km. Here, we will present another example for generation of primary andesitic melts in the southern Kermadec arc.

During R/V SONNE expedition in 2017 (SO-255), phenocryst-poor andesites (57.5–57.6 wt.% SiO_2) were recovered from Kibblewhite volcanic complex, southern Kermadec Arc. These andesites contain skeletal olivine and clinopyroxene microphenocrysts with similar and restricted Mg-numbers (Mg/[Mg+Fe] = 0.84–0.85) and a few euhedral olivine xenocrysts with a magnesian cores (Mg/[Mg+Fe] = ~0.92). The magnesian andesites (5.5–5.6 wt.% MgO; Mg# = 56.8–57.3) have relatively high Ni (~50 ppm) and Cr (~180 ppm) contents. These lavas have depleted high-field strength element and enriched large-ion lithophile element compositions (e.g., Nb/Yb = 0.75–0.80; Ba/Nb = 148–175), similar to the coeval Kibblewhite basalts and typical for other southern Kermadec Arc lavas. Sr-Nd-Hf-Pb isotope compositions for the andesites and basalts of the Kibblewhite Volcano also cannot be distinguished from each other and are consistent with the range of published data for the southern Kermadec Arc (Todd et al., 2011; Timm et al., 2014).

Calculation of equilibrium olivine compositions and olivine fractionation trends (Tamura et al., 2000) indicate that olivine microphenocrysts in the andesites are in equilibrium with host rocks and that the andesites have experienced 10% olivine fractionation from mantle-derived primary melts. Primary melt compositions for the andesites (estimated by addition of 10 wt.% equilibrium olivines) are still andesitic (55.9–56.0 wt.% SiO_2; 9.58–9.68 wt.% MgO) in composition and similar to the estimated primary andesite melt of the Nishinoshima volcano. According to thermo-barometric modelling of Lee et al. (2009) the primary melts for the andesites are segregated from mantle peridotite at temperatures of 1190–1220℃ and pressures of 0.45–0.55 GPa assuming primary H_2O contents to be 1.0–3.0 wt.%. The low primary magma segregation pressures, corresponding to 15–18 km depths, are consistent with thin (9–12 km; Bassett et al., 2016) crust beneath the southern Kermadec Arc.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：Subduction zone、Kermadec Arc、Kibblewhite Volcano、SO-255
Keywords: Subduction zone, Kermadec Arc, Kibblewhite Volcano, SO-255

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrogenesis of high-Mg# andesite lavas from Ruapehu volcano, New Zealand

*Chris Conway[1], Katy Chamberlain[2], Yumiko Harigane[1], Daniel Morgan[3]

1. Geological Survey of Japan, 2. Univ. Derby, 3. Univ. Leeds

The eruption of high-magnesium andesites (HMA) with Mg# values >60 at continental arc volcanoes conflicts with the expectation that mantle-equilibrated primitive magmas produced at subduction zones are basaltic. Studies of the origins of HMA lavas provide details on how primitive magmas transit through arc lithosphere, which has implications for constraints on crust-mantle connections as well as volcanic hazards.

Here we report on the occurrence and origin of a sequence of HMA lavas erupted at ~45 ka from Ruapehu volcano, which is a frequently active andesite-dacite stratovolcano in the Taupo Volcanic Zone (TVZ). The suite of lavas forms linear trends on bivariate whole-rock major and trace element plots that are distinctly elevated for MgO, Ni and Cr compared with all other lavas of Ruapehu and most other calk-alkaline andesites of the TVZ. The relatively primitive whole-rock geochemical characteristics are attributed to the involvement of mafic sources during magma genesis, as revealed by the presence of sharply reverse-zoned pyroxene phenocrysts with rims of $Mg\#_{85\text{-}89}$ and olivine xenocrysts with cores of $Fo_{88\text{-}93}$ and Cr-spinel inclusions. The contribution of felsic end-members to the genesis of Ruapehu HMA magmas is recorded by the presence of rhyolitic glass within partially fused metasedimentary xenoliths and the low Mg# cores for pyroxenes within crystal clots that also preserve rhyolitic interstitial glass and melt inclusions.

The petrological and geochemical features of the samples indicate that the assembly of HMA magmas involved influxes of mafic magmas from the mantle that entrained olivine xenocrysts into mush zones of bulk (rhyo-) dacitic composition, which had evolved via preceding assimilation, fractionation and mixing processes in the crust. Timescale results from Fe-Mg interdiffusion modelling of orthopyroxene indicate that eruptions occurred within days to weeks of magma mixing events. Ruapehu HMA lavas are valuable samples of high-Mg# magmas collected from the global subduction zone system that were formed by crustal level magma hybridization processes (cf. Streck and Leeman, 2018) rather than directly by mantle melting processes (cf. Mitchell and Grove et al. 2016).

Keywords: andesite, magma mixing, active volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hydrous felsic magma generated by unmixing of slab-derived supercritical liquid: evidence from Rishiri Volcano, Kuril Arc

*谷内 元[1]、栗谷 豪[2,3]、横山 哲也[4,3]、中村 栄三[3]、中川 光弘[2]
*Hajime Taniuchi[1], Takeshi Kuritani[2,3], Tetsuya Yokoyama[4,3], Eizo Nakamura[3], Mitsuhiro Nakagawa[2]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻、2. 北海道大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、3. 岡山大学惑星物質研究所、4. 東京工業大学理学院地球惑星科学系
1. Department of Natural History Science, Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Institute for Planetary Materials, Okayama University, 4. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

Introduction

Water-rich components released from the subducting slab play important roles in the generation of subduction-zone magmas in the mantle wedge (e.g. Elliott, 2003). With increasing fluid releasing depths, the slab-derived water-rich materials would become supercritical liquid (e.g. Bureau and Keppler, 1999).Experimental studies have suggested that slab-derived supercritical liquid is separated into hydrous silicate melt and aqueous fluid during the ascent in the mantle wedge (e.g. Kawamoto et al., 2012). However, the occurrence of magmas corresponding to this hydrous melt has not been reported so far. In this context, we have carried out a detailed petrological, geochemical, and chronological study on calc-alkaline andesite and dacite at Rishiri Volcano.

Results

Rishiri Volcano is a Quaternary stratovolcano in southern Kuril arc, and is 300 km above the Wadati-Benioff Zone. The volcanic activity started at ~0.2 Ma, which is characterized by coexistence of alkali basalt, tholeiitic andesite to dacite, and calc-alkaline andesite to dacite. The calc-alkaline andesitic products and the following dacitic lavas, investigated in this study, comprise Middle stage of the volcanic activity (Ishizuka, 1999). Our new $^{40}Ar/^{39}Ar$ age data for the dacitic and andesitic lavas are 35.5 ±1.4 ka and 34.6 ±3.0 ka, respectively.

The phenocryst assemblage of the dacitic lavas is Cpx + Opx + Pl, and that of the andesitic lavas is Ol + Cpx + Opx + Pl. All phenocrysts in the dacite have homogeneous compositions or show normal zonation with limited variations. In contrast, those in the andesite occasionally show reverse zonation. Some olivine and plagioclase phenocrysts have core compositions with up to Mg#89 and An#88, respectively. The dacitic lavas are characterized by high Sr/Y and La/Yb ratios (adakitic signature), no Eu anomaly, homogeneous Sr, Nd, and Pb isotopic ratios, and ^{230}Th-excesses. On the other hand, the andesitic lavas are heterogeneous in whole-rock major, trace, and isotopic compositions.

Discussion

The petrological and geochemical features of the andesitic products suggest that they were produced by mixing between felsic magma and primitive mafic magma. On the other hand, the dacitic lavas do not show any evidence of magma mixing. The absence of Eu anomaly negates a primary role of fractional crystallization in the magma genesis. In addition, the adakitic signature cannot be produced by crustal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

melting, because the underlying crust is too thin (Niu et al., 2016) for garnet to be stable (e.g. Rapp and Watson, 1995). Therefore, it is suggested that the dacitic magma was derived from the upper mantle, most plausibly, from the subducting slab. The slab origin of the magma is consistent with the ^{230}Th-excess signature and the Pb isotopic compositions, which can be explained by mixing of a sediment component and an altered oceanic crust component of the slab.

One possible origin of the dacitic magma would be direct partial melting of the subducted slab (e.g. Defant and Drummont, 1990). However, extremely high temperatures with >1300ºC (Mibe et al., 2011) is required to melt the slab at ~300 km depth, which is highly unlikely. The andesitic and dacitic lavas erupted almost contemporaneously (~35 ka), with the former preceding the latter. The primitive mafic magma, involved in the generation of the andesitic magma, is considered to have been generated through fluid-fluxed melting of the mantle. These observations suggest that slab-derived aqueous fluid and slab-derived hydrous melt, corresponding to the dacitic magma, were almost simultaneously present in the upper mantle beneath the Rishiri Volcano at ~35 ka. Therefore, it is suggested that the dacitic magma may represent hydrous melt, which was separated from the ascending slab-derived supercritical liquid at the depth corresponding to the critical end point, leaving behind aqueous fluid (e.g. Kawamoto et al., 2012) that induced the generation of the primitive basaltic magma.

キーワード：超臨界流体、不混和現象、沈み込み帯火成活動
Keywords: Supercritical liquid, Unmixing, Subduction zone magmatism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Genesis of recent mafic volcanism in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand: insights into the birth and death of cataclysmic caldera-forming systems?

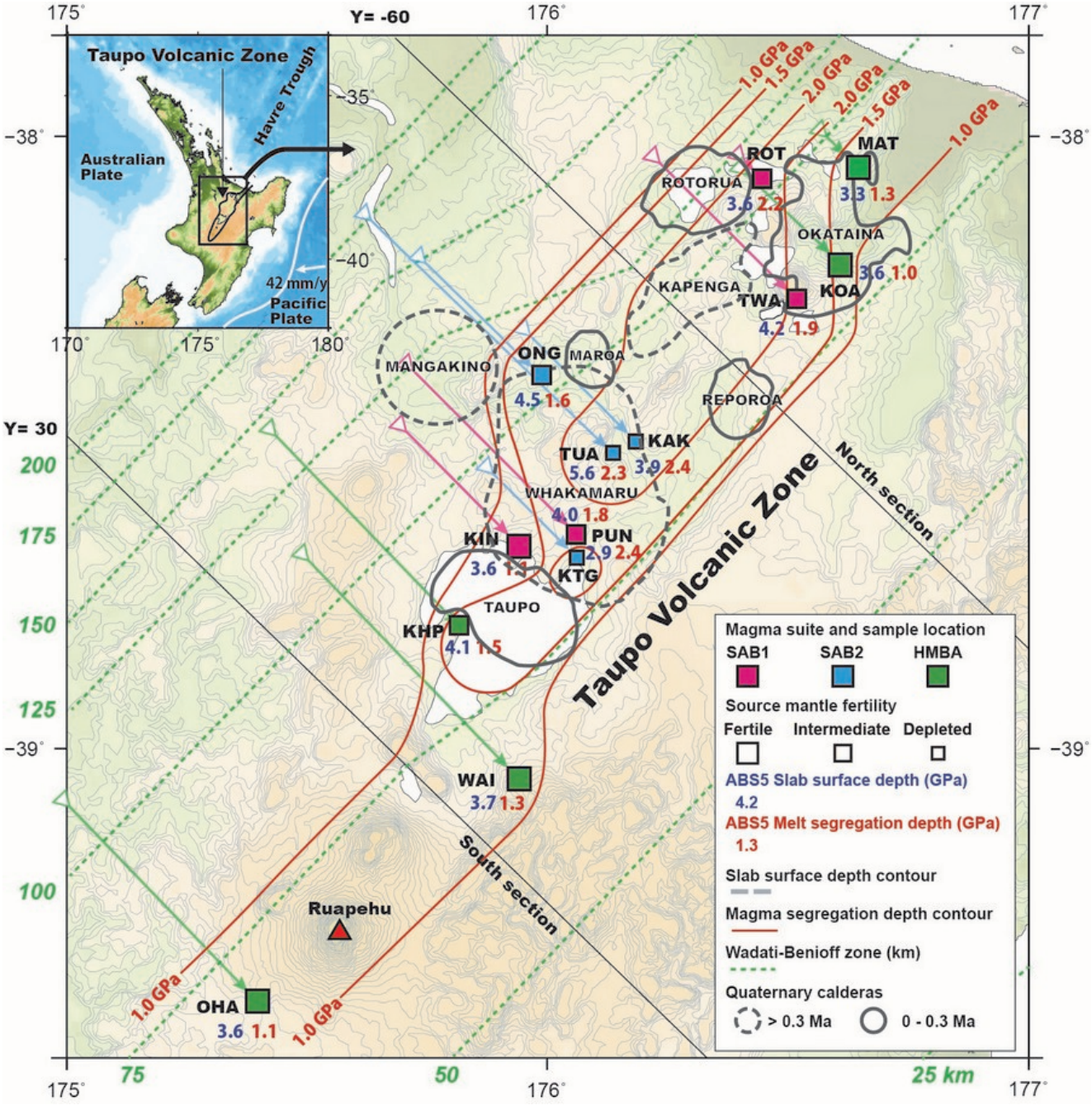
*Georg F Zellmer[1], Jun-Ichi Kimura[2], Claudine Stirling[3], Gert Lube[1], Phil A Shane[4]

1. Volcanic Risk Solutions, Massey University, Tennent Drive, Palmerston North 4410, New Zealand, 2. Department of Solid Earth Geochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology [JAMSTEC], Natsushima-cho 2-15, Yokosuka 237-0061, Japan, 3. Department of Chemistry, University of Otago, Dunedin 9054, New Zealand, 4. School of Environment, University of Auckland, Auckland 1142, New Zealand

Mafic magmatism of the actively extending Taupo Volcanic Zone (TVZ) of the North Island, New Zealand, is volumetrically minor, but thought to tap the material that provides the heat source for voluminous rhyolite production through partial melting of the crust, which ultimately results in cataclysmic caldera-forming eruptions. We have studied the major and trace element chemistry 14 mafic samples from across the entire TVZ, and the uranium isotopic composition of whole rocks, groundmasses and separates of mafic mineral phases from a selection of 9 samples (with the remaining 5 too sparsely phyric for mineral separation). Some minerals yield significant ^{234}U enrichments despite groundmass and whole rock close to ^{238}U-^{234}U secular equilibrium, pointing to uptake of variably hydrothermally altered antecrystic minerals prior to the eruption of originally sparsely pyric to aphyric mafic magmas. However, incompatible trace element pattern indicate that there are three chemically distinct groups of samples, and that all but one sample may be used to derive primary melt compositions. We employ the latest version of the Arc Basalt Simulator (ABS5) to forward model these compositions, deriving mantle source parameters including mantle fertility, slab liquid flux, mantle volatile content, degree of melting, and P-T conditions of melt segregation. We show that mafic rocks erupted in areas of old, now inactive calderas constitute low-degree, deep melts, while those in areas of active caldera-volcanism are high-degree partial melts segregated from a less depleted source at an intermediate depth. Finally high-Mg basaltic andesites erupted in the southwest and the northeast of the TVZ point to a fertile, shallow mantle source. Our data are consistent with a petrogenetic model where mantle melting is dominated by decompression, rather than fluid fluxing, and progresses from shallow to deeper levels with time. Melt volumes initially increase to a tipping point, at which large scale crustal melting and caldera volcanism become prominent, and then decrease due to progressive depletion of the mantle wedge by melting, resulting in the dearth of heat provided and eventual cessation of rhyolitic cataclysim. For the first time, a direct link becomes apparent between the chemistry of recently erupted mafic magmas and the long-term activity and evolution of caldera volcanism in the TVZ.

Keywords: Arc Basalt Simulator, uranium isotopes, basaltic magmatism, rhyolitic magmatism, subduction zone processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-MP30] 地殻-マントル・コネクション

コンビーナ:田村 芳彦(海洋研究開発機構　海域地震火山部門)、石塚 治(産業技術総合研究所活断層火山研究部門)、Chris Conway(Geological Survey of Japan)、座長:Chris Conway、田村 芳彦(JAMSTEC)

近年、地殻の薄い海洋島弧が大陸生成の場ではないのか、という考えや、中央海嶺における正断層に沿った海水のしみこみがマントル融解を引き起こして、モホ面を形成するのではないか、という考えが出されている。地表ー地殻ーマントルの関係やマントルから地殻を通して噴火に至るマグマの生成・挙動に関して、火山学、地球化学、岩石学、地質学、年代学、地球物理学などの広い分野からの投稿を期待する。

15:30 ~ 15:45

[SMP30-07] **Introducing an oceanic core complex in the Shikoku Basin: Mado Megamullion**

★Invited Papers

*小原 泰彦[1,2]、沖野 郷子[3]、秋澤 紀克[3]、藤井 昌和[4]、針金 由美子[5]、平野 直人[6]、平内 健一[7]、石塚 治[5]、町田 嗣樹[8]、道林 克禎[9]、Sanfilippo Alessio[10]、Snow Jonathan[11]、山下 浩之[12] (1.海上保安庁海洋情報部、2.海洋研究開発機構、3.東京大学大気海洋研究所、4.国立極地研究所、5.産業技術総合研究所、6.東北大学、7.静岡大学、8.千葉工業大学、9.名古屋大学、10.パビア大学、11.ヒューストン大学、12.神奈川県立生命の星・地球博物館)

15:45 ~ 16:00

[SMP30-08] Spatial variation of petrological and geochemical characteristics of mantle peridotites in Mado Megamullion, Shikoku Basin

*秋澤 紀克[1]、町田 嗣樹[2]、沖野 郷子[1]、小原 泰彦[3] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、3.海上保安庁　海洋情報部)

16:00 ~ 16:15

[SMP30-09] **Magmatism-hydrothermalism interaction along the crust-mantle transition below oceanic spreading centres**

★Invited Papers

*Mathieu Rospabe[1,2]、Mathieu Benoit[1]、Georges Ceuleneer[1] (1.GET, OMP, Univ. of Toulouse, CNRS, IRD, F-31400 Toulouse, France、2.JAMSTEC, Yokosuka 237-0061, Japan.)

16:15 ~ 16:30

[SMP30-10] **Serpentinization and carbonation of dunites in the western part of the Isua Supracrustal Belt, Southwestern Greenland**

*Juan Miguel Ramirez Guotana[1]、Tomoaki Morishita[1]、Akihiro Tamura[1]、Ikuya Nishio[1]、Kenichiro Tani[2]、Yumiko Harigane[3]、Kristoffer Szilas[4]、D. Graham Pearson[5] (1.Kanazawa University、2.National Museum of Nature and Science, Japan、3.Institute of Geology and Geoinformation Geological Survey of Japan/AIST、4.University of Copenhagen、5.University of Alberta)

16:30 ~ 16:45

[SMP30-11] **Petrogenesis of fertile abyssal peridotites of the Pujada Ophiolite, SE Mindanao, Philippines**

*Valerie Shayne Vargas Olfindo[1]、Betchaida Duetes Payot[1]、Gabriel Theophilus Valera[1]、Shoji Arai[2]、Tomoyuki Shibata[4]、Masako Yoshikawa[3] (1.Rushurgent Working Group, National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines、2.Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan、3.Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, Beppu 874-0903, Japan、4.Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, Hiroshima 739-8526, Japan)

16:45 ~ 17:00

[SMP30-12] 飛騨変成帯中に産する超苦鉄質岩：島弧深部起源岩石の例として

小楠 陽平[1]、*森下 知晃[1]、田村 明弘[1] (1.金沢大学)

Introducing an oceanic core complex in the Shikoku Basin: Mado Megamullion

*小原 泰彦[1,2]、沖野 郷子[3]、秋澤 紀克[3]、藤井 昌和[4]、針金 由美子[5]、平野 直人[6]、平内 健一[7]、石塚 治[5]、町田 嗣樹[8]、道林 克禎[9]、Sanfilippo Alessio[10]、Snow Jonathan[11]、山下 浩之[12]
*Yasuhiko Ohara[1,2], Kyoko Okino[3], Norikatsu Akizawa[3], Masakazu Fujii[4], Yumiko Harigane[5], Naoto Hirano[6], Ken-ichi Hirauchi[7], Osamu Ishizuka[5], Shiki Machida[8], Katsuyoshi Michibayashi[9], Alessio Sanfilippo[10], Jonathan E. Snow[11], Hiroyuki Yamashita[12]

1. 海上保安庁海洋情報部、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学大気海洋研究所、4. 国立極地研究所、5. 産業技術総合研究所、6. 東北大学、7. 静岡大学、8. 千葉工業大学、9. 名古屋大学、10. パビア大学、11. ヒューストン大学、12. 神奈川県立生命の星・地球博物館
1. Hydrographic and Oceanographic Department of Japan, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 4. National Institute of Polar Research, 5. Geological Survey of Japan/AIST, 6. Tohoku University, 7. Shizuoka University, 8. Chiba Institute of Technology, 9. Nagoya University, 10. University of Pavia, 11. University of Houston, 12. Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

Oceanic core complexes (OCCs) are domal bathymetric highs with axis-normal corrugations, and with exposure of serpentinized peridotite and gabbroic rocks, interpreted as exhumed footwalls of low-angle detachment faults. OCCs provide a valuable opportunity to directly study the architecture of oceanic lithosphere, together with the tectono-magmatic processes associated with its formation and evolution.

A significant fraction of the ocean floor is created in backarc basins where water plays a major role in generating backarc basin basalts, strikingly contrasting to magmatic process at mid-ocean ridges. The opportunity to explore the recent formation of backarc basin lower crust and upper mantle is, therefore, an important contribution to understanding the ocean basins. The extensive multi-beam bathymetric mapping by Japan’s continental shelf survey has revealed the presence of potential OCCs in the multiple portions of the Philippine Sea Plate, such as in the Parece Vela Basin, Shikoku Basin, Kita-Daito Basin and West Philippine Basin. Among these, Godzilla Megamullion in the Parece Vela Basin is the largest known OCC on the Earth, and is one of the well-studied OCCs in the world.

In order to advance our understanding of the lithospheric composition of the Philippine Sea Plate, we need to utilize the potential Philippine Sea OCCs as tectonic windows to sample the lower crust and upper mantle materials. However, these potential OCCs have been remained largely unsampled and unstudied except only a few locations. We thus have started a new project focusing on the Shikoku Basin OCCs. Two cruises in the 2018 summer (YK18-07 and KH-18-2) collected peridotites and gabbros from the main Shikoku Basin OCC, here we named “Mado Megamullion”. The scheduled YK19-04S cruise in 2019 April will collect more datasets on this OCC.

In this contribution, we will show the general tectono-magmatic characteristics of Mado Megamullion. The

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

OCC provides the information on the Shikoku Basin lower crust and upper mantle for the first time. Mado Megamullion is an ~20 km square OCC, the areal size is comparable to Kane Magamullion in the Mid-Atlantic Ridge. Thus it should be easier for us to make a comparative study between the two OCCs, providing useful information to understand the difference of the lithospheric characteristics between the two major ocean environments.

キーワード：マドメガムリオン、四国海盆、海洋コアコンプレックス
Keywords: Mado Megamullion, Shikoku Basin, Oceanic Core Complex

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial variation of petrological and geochemical characteristics of mantle peridotites in Mado Megamullion, Shikoku Basin

*秋澤 紀克[1]、町田 嗣樹[2]、沖野 郷子[1]、小原 泰彦[3]
*Norikatsu Akizawa[1], Shiki Machida[2], Kyoko Okino[1], Yasuhiko Ohara[3]

1. 東京大学　大気海洋研究所、2. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、3. 海上保安庁　海洋情報部
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Hydrographic and Oceanographic Department of Japan

Oceanic core complex is one of the tectonic windows, where mantle peridotites are exposed directly to the ocean floor. The mantle peridotites can provide petrological and geochemical information of the inaccessible oceanic mantle. However, the mantle peridotites from the oceanic core complex bear a possibility that their petrological and geochemical characteristics were modified during exhumation to the ocean floor via detachment faulting. Thus, formation process of the oceanic core complex must be elucidated in order to better presume the pristine oceanic mantle materials therein. Here, we present petrological and geochemical characteristics of mantle peridotites collected from a newly termed backarc oceanic core complex, “Mado (window in Japanese)” Megamullion in the Shikoku Basin, Philippine Sea. The samples were collected through a series of scientific cruises, YK18-07 by R/V Yokosuka with DSV Shinkai 6500, and KH-18-2 by R/V Hakuho. A total of 16 samples is used here: 13 peridotites and 3 dunites. Vein-like oxide gabbros are included in some peridotite samples from a region close to the ridge axis (proximal region), whereas none of the peridotites showing such lithological characteristics were found from a region far from the ridge axis (distal region). In contrast, the dunite samples were found only from the distal region. Since dunites are commonly interpreted as fossil channels for primitive (silica-depleted) melts beneath mid-ocean ridges, they likely transported parental melts of mid-ocean ridge basalt (MORB) beneath paleo-ridge axis. With regards to the spatial variation of petrological and geochemical characteristics of the mantle peridotites, we delineate a scenario of Mado Megamullion formation, where the exhumed mantle materials were getting modified by evolved magmas with time proceeding, indicating magma stagnation due probably to time-dependent cooling of the ridge spreading system. Therefore, the mantle peridotites in the distal region might show relatively pristine geochemical compositions in comparison with those in the proximal region.

キーワード：Oceanic core complex、かんらん岩、ダナイト、MORB、全岩化学組成、鉱物化学組成
Keywords: Oceanic core complex, Peridotite, Dunite, MORB, Whole-rock chemical composition, Mineral chemical composition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Magmatism-hydrothermalism interaction along the crust-mantle transition below oceanic spreading centres

*Mathieu Rospabe[1,2], Mathieu Benoit[1], Georges Ceuleneer[1]

1. GET, OMP, Univ. of Toulouse, CNRS, IRD, F-31400 Toulouse, France, 2. JAMSTEC, Yokosuka 237-0061, Japan.

Beneath oceanic spreading centres, the transition from the upwelling and partially molten peridotitic mantle and the accreting gabbroic lower crust appears as a major chemical, thermal and rheological interface. In most ophiolites worldwide, it is underlined by a dunitic horizon whatever the paleo-tectonic setting (mid-ocean ridges vs. supra-subduction zone). Since dunite is observed in present-day oceans in different geodynamic environments, in association with mantle harzburgite and with troctolitic-gabbroic veins and sills, it is reasonable to suppose that ophiolitic dunitic transition zone (DTZ) formed prior to the intra-oceanic thrusting leading to obduction.

As a matter of fact, the understanding of the petrological processes occurring in the mantle-crust transition zone beneath oceanic ridges can be studied in the Oman ophiolite. Particularly, the Maqsad area (Sumail massif) evolved in a MORB-like magmatic environment and presently exposes a >300 m thick DTZ above a paleo-mantle diapiric structure. It has been attributed to peridotite reactional melting or to the accumulation of olivine from Mg-rich melts, whether a combined origin is more likely. Following the reactional origin, a partially molten harzburgite reacts with interstitial melts, enhancing the orthopyroxene dissolution and the crystallization of secondary olivine, resulting in a rock essentially made of olivine. Interstitial mineral fractionation during melt migration between olivine grains (or melt-rock reaction) is partly responsible of the extensive petrological and geochemical variability observed at Moho level.

Recent studies evidenced a large interstitial mineral variety in dunites from the DTZ with, in addition to plagioclase and clinopyroxene expected in a MORB magmatic environment, the presence of orthopyroxene and amphibole among others. These minerals are also observed, together with mica, as silicate inclusions in chromite grains scattered in the dunite. This calls for the early involvement of hydrated, Si- and alkali-rich melts in the formation of dunite and chromitite ore bodies at Moho level beneath oceanic ridges. Since the presence of this peculiar mineralogy is ubiquitous within the DTZ and absent in mantle harzburgite, this distribution supports that the hydrated component originated from above, probably seawater in origin. These fluids interacted with surrounding rocks and with the variably evolved MORB issued from the Maqsad diapir, allowing to generate the hybrid melts, i.e. a blend between supercritical hydrothermal fluids rich in silica or trondhjemitic melts issued from hydrous melting of the country rocks.

The chemical variations observed along the Maqsad DTZ define trends with a characteristic vertical scale of few tens of meters. The chemical variation patterns are spatially correlated to the distribution of ridge-related faults or fracture zones (i.e. active at an early, high temperature magmatic stage), not only for fluid-mobile elements but also for immobile elements (e.g. REE, HFSE). These faults seem to have

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

enhanced (i) melt migration and extraction, from the mantle to the crust, and (ii) deep hydrothermal fluids introduction down to the Moho level. In other words, they are the main vectors for upwelling melt modification by hybridization, with hydrothermal fluids and/or silicic hydrous melts, and crystallization. In this context, the DTZ appears as a reactive interface that developed by the combination of three primary processes: tectonics, magmatism and deep, high temperature hydrothermal circulations. Fluid-melt-rocks reactions occurring at Moho level may have a significant impact on the MORB variability surveyed along present-day mid-ocean ridges and may contribute to part of the signatures observed at hydrothermal vents.

Keywords: Oman ophiolite, dunitic transition zone, melt-rock reactions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Serpentinization and carbonation of dunites in the western part of the Isua Supracrustal Belt, Southwestern Greenland

*Juan Miguel Ramirez Guotana[1], Tomoaki Morishita[1], Akihiro Tamura[1], Ikuya Nishio[1], Kenichiro Tani[2], Yumiko Harigane[3], Kristoffer Szilas[4], D. Graham Pearson[5]

1. Kanazawa University, 2. National Museum of Nature and Science, Japan, 3. Institute of Geology and Geoinformation Geological Survey of Japan/AIST, 4. University of Copenhagen, 5. University of Alberta

The 3.7 Ga Isua supracrustal belt (ISB) hosted in Itsaq Gneiss Complex in southwestern Greenland preserves one of the oldest metamorphosed mafic-ultramafic complex in the world which provides opportunity to study early petrological processes on Earth. Ultramafic bodies are common throughout the Isua supracrustal belt. These ultramafic rocks are interpreted to be possible mantle residues while other studies consider a cumulate origin. In the western limb of the ISB, less altered dunitic bodies enveloped by metasomatized dunites and amphibolites are exposed. The studied dunite lens is also referred as Lens B by previous studies. The northern part of Lens B dunites are highly deformed, highly serpentinized and carbonatized. The central and lower Lens B are less deformed and composed of olivine, serpentine, magnesite, magnetite, stichtite and Ti-rich humites. Ti-chondrodite (Ti-Chn) and Ti-clinohumite (Ti-Chu) are present in the central and southern part of Lens B. Ti-Chn and Ti-Chu occur commonly as irregular patches in olivine. In some portions, intergrowths of Ti-Chn and Ti-Chu are present. The F contents of the the Ti-Chn and Ti-Chu are also very low. Olivine grains are highly forsteritic and are comparable to those derived by deserpentinization process. The major serpentine phase is antigorite which occur as platy grains and minor amounts as inclusion in olivine. Stichtite, a magnesium-chromium hydroxycarbonate mineral, also includes clinohumite minerals. The clinohumite intergrowth in ISB dunites can be associated to the breakdown of Ti-Chn to Ti-Chu (Ti-Chn+Atg+Ol=Ti-Chu+H2O). The clinohumites are also almost F-free which suggests a lower temperature within the antigorite stability field compared to F-bearing clinohumites. Petrographic and geochemical results suggest that the dunites reached P-T conditions within the Ti-Ch and Atg stability field and retrogressed and carbonated (stichtite and magnesite) at lower pressure and temperature where Ti-Chu is stable.

Keywords: Isua Supracrustal Belt, archaean, peridotites

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrogenesis of fertile abyssal peridotites of the Pujada Ophiolite, SE Mindanao, Philippines

*Valerie Shayne Vargas Olfindo[1], Betchaida Duetes Payot[1], Gabriel Theophilus Valera[1], Shoji Arai[2], Tomoyuki Shibata[4], Masako Yoshikawa[3]

1. Rushurgent Working Group, National Institute of Geological Sciences, University of the Philippines, 2. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan, 3. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, Beppu 874-0903, Japan, 4. Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, Hiroshima 739-8526, Japan

Fresh mantle peridotites of the Pujada Ophiolite are extensively exposed in southeast Mindanao, Philippines. Despite its good preservation, its origin and formation is not constrained due to lacking geologic data. In this study, petrographic and geochemical characteristics of the mantle section of the Pujada Ophiolite are investigated to determine its tectonic setting and the magmatic processes operating during its formation.

The mantle section of the Pujada Ophiolite is composed of massive and pyroxene-rich lherzolites and harzburgites and interlayers of variably serpentinized lherzolites, harzburgites and dunites. Mineral chemistry of the spinel peridotites reveal spinel Cr# =0.10-0.50 and olivine Fo =89-91 typical of abyssal peridotites. The mantle peridotites are classified into three based on their field occurrence and spinel Cr#: Group I - massive lherzolites and harzburgites with Cr# =0.10-0.40, Group II - interlayered lherzolites and harzburgites with Cr# =0.10-0.40, and Group III - interlayered harzburgites and dunites with Cr# >0.4. The Group I peridotites are protogranular with minor vermicular spinel. The Group II peridotites are highly serpentinized. Preserved portions show porphyroclastic texture with vermicular to subhedral spinel. The Group III peridotites are also highly serpentinized but porphyroclastic texture in the harzburgites can be observed. Clinopyroxene and orthopyroxene compositions of the peridotites reveal an increasing depletion in Al_2O_3 from Group I to Group II and III with increasing Mg#. Groups I and II show lower Mg# =0.90-0.93 and 0.92-0.93, respectively. The Group III peridotites have the highest Mg# =0.925-0.935. The clinopyroxene Na_2O and TiO_2 of the three groups are within the same range of 0.10-0.40 and 0.10-0.25, respectively. The orthopyroxenes also show the same range of Na_2O and TiO_2 of 0.01-0.10 and 0.01-0.20, respectively. In general, rare earth element composition shows depletion of light rare earth element (LREE) and relatively flat heavy rare earth element (HREE) which further suggest an abyssal origin. Trace element compositions of the peridotites are indicative of low degrees of partial melting within 6%-14%. A few peridotite samples also show LREE enrichment suggesting that metasomatism may have affected these rocks.

Keywords: Pujada Ophiolite, peridotites, mid-oceanic ridge, LREE enrichment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

飛騨変成帯中に産する超苦鉄質岩：島弧深部起源岩石の例として
Ultramafic rock in the Hida metamorphic belt: an example of arc plutons

小楠 陽平[1]、*森下 知晃[1]、田村 明弘[1]
Yohei Ogusu[1], *Tomoaki Morishita[1], Akihiro Tamura[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

飛騨変成帯が分布する白山市尾添地域に超苦鉄質岩石が産することが金沢大学の卒業研究で報告されていた(長岡,1970 金沢大学理学部卒論)．そこで本発表では，この超苦鉄質岩の記載岩石学的特徴と鉱物化学組成を報告する．これらのデータから，今回報告する超苦鉄質岩石は島弧深部起源の岩石であると考え，その意義について発表する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A08 東京ベイ幕張ホール

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)、座長:M. Satish-Kumar(Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)

Supercontinent formation and dispersion has been enigmatic in the Earth's history. Eurasia is one such current supercontinent and incredible progress in the understanding of its geological evolution has been achieved in the past decade. Earlier supercontinents in the Earth's history such as Gondwana (0.5 Ga), Rodinia (1.0 Ga), Columbia/Nuna (2.0 Ga), Kenorland (2.5 Ga) and Vaalbara (3.1 Ga), have been the focus of several studies, however limited information on older supercontinents has restricted an understanding of their tectonic evolution. In this session, we invite authors around the world to present new data as well as review existing results on the continental scale crustal processes and tectonic evolution that are associated with supercontinent formation and breakup events in the Earth's history. The well-studied Eurasia and Gondwana supercontinents are of particular focus. Topics of interest include, but not restricted to, extremes in metamorphism, P-T-d-t evolution, magmatism, and the role of fluids. We hope to provide a platform for scientific discussions that will enlighten our understanding of the physical and chemical processes in the continental crust that records episodes of orogenesis that contributed to the formation and evolution of supercontinents.

10:45 ~ 11:00

[SMP31-01] Tectonic development of the East Indian cratonic margin and its status in Columbia Supercontinent

★Invited Papers

*Kaushik Das[1] (1.Hiroshima University)

11:00 ~ 11:15

[SMP31-02] **Continental crust formation and metamorphism during the Neoarchean–Paleoproterozoic: an example from the Nilgiri Block, southern India**

★Invited Papers

*VINOD O SAMUEL[1] (1.Yonsei University)

11:15 ~ 11:30

[SMP31-03] Preliminary paleomagnetic studies on the mafic dykes in Western Dharwar craton, South India.

*Silpa Ammini Sasidharan[1]、Madhusoodhan Satish-Kumar[2]、Naoto Ishikawa[3]、Krishnan Sajeev[4] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、3.Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan、4.Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore, India)

11:30 ~ 11:45

[SMP31-04] Syn-metamorphic boron-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas

★Invited Papers

*河上 哲生[1]、酒井 治孝[1]、佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SMP31-05] **レッサーヒマラヤの現地性堆積物層下部（1.9-1.75 Ga）に産出する火成岩の岩石学的特徴：広域的組成変化とテクトニック場の推定**

*新城 竜一[1]、安室 朝基[1]、大浦 晃平[1]、大城 和哉[1]、田原 史朗[1]、酒井 治孝[2] (1.琉球大学理学部物質地球科学科、2.京都大学大学院理学研究科)

12:00 ~ 12:15

[SMP31-06] Petrogenesis and tectonic implications of orbicular granodiorite from Yangtze cratonic nucleus

*Yihe Li[1] (1.China University of Geosciences Wuhan)

Tectonic development of the East Indian cratonic margin and its status in Columbia Supercontinent

*Kaushik Das[1]

1. Hiroshima University

The East Indian cratonic margin is an important geological area towards understanding the tectonic development of the Precambrian India co-evolving with its erstwhile continental neighbors, including Antarctica. It, at present spreads out several linearly arranged Mesoproterozoic sedimentary basins (Chhattisgarh Basin and its satelite basins) unconformably lying on the Archean Bastar cratonic basement rocks and also juxtaposed on its east by a Proterozoic orogenic belt (Eastern Ghats Belt, EGB). While the basement rocks reveal the origin and evolution of the Archean craton and later tectonics affecting it, the sedimentary basins preserve the history of basin tectonics and fluctuation of different geological and geochemical proxies indicating the fluctuation of paleoenvironment, and also the tectonics of surrounding areas. The adjacent orogenic belt also has a variegated history of its developement and final cratonization, at least the tectonic history of the southern part was older while major part of the northern part was younger than the formation of those sedimenatry basins.
Our group in recent years have carried out detailed sedimentological, geochemical, and geochronological studies of the early sediment fills of these Mesoproterozoic basins (Chakraborty et al., 2012, Precam. Res., 200-203, 129-148; Das et al., 2015, Geol. Soc. London, Memoirs, 43, 207–221; Saha et al., 2016, Precam. Res., 281, 363-383) In this presentation, the collated data on the paleo-environmental facies analysis, variation in Nd-isotope geochemistry and U-Pb detrital zircon geochronology will be presented for the sediments of Singhora Basin, Khariar Basin and Ampani Basin, and also the geochemical character with tectonic affinity of the ca. 1450 Ma felsic porcellanitic tuff layer in all these basins. This will help to have an integrated understanding of the evolution of deep- to shallow continental crust in the East Indian Craton margin, as well as the connection between its neighbors in the supercontinent, "Columbia".

Keywords: East Indian Craton margin, Mesoproterozoic Chhattisgarh Basin, Felsic volcanism, Columbia Supercontinent

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Continental crust formation and metamorphism during the Neoarchean–Paleoproterozoic: an example from the Nilgiri Block, southern India

*VINOD O SAMUEL[1]

1. Yonsei University

Earth is a unique planetary body with an evolved felsic continental crust on its surface. Had this continental crust not evolved, Earth’ s crust would have been basaltic/gabbroic in composition, and covered almost completely by water. It is important to understand how the mafic crust, which formed after the differentiation of Planet Earth transformed to one that is felsic in composition. Presently active processes capable of transforming crust from mafic to felsic composition, on a large scale, are subduction and subsequent arc magmatism. However, whether such processes were active during the Hadean–Archean eon is highly debated. Field evidence from major cratons show that partial melting of the earlier formed mafic crust (e.g., processes like sagduction) formed felsic continental crust. Thus, understanding when subduction-related process started on the planet is important. Here we present evidence from metamorphosed magmatic rocks such as pyroxenite, metagabbro, two-pyroxene granulite, charnockite, hornblende-biotite gneiss and rhyolite from the Nilgiri Block, southern India. U-Pb zircon age data shows that all these rocks formed during the late Neoarchean (core ages between 2600–2500Ma) and that they underwent subsequent metamorphism during the early Paleoproterozoic (rim ages between 2500–2450Ma). If felsic rocks formed from the partial melting of earlier formed mafic rocks, the mafic rocks should be older. Since all these rocks were formed and metamorphosed simultaneously, it is possible that protoliths of these rocks formed through melt differentiation followed by partial melting in the mantle wedge during the subduction-related arc magmatic process. An enrichment in light field strength elements and REE compared to heavy ones, and Nb-Ta depletion are common signatures in rocks formed through the arc magmatic process, where fluids or melts formed from subducted basaltic crust and the overlying sediments enrich the mantle wedge in lighter elements. Further, during metamorphism, these rocks could partially melt and form granitic melts. However there is no field evidence that suggests partial melting during metamorphism in these rocks. Textural relations and vein networks of silicate-oxide-sulfide-phosphate minerals in these rocks suggest that they could have possibly metasomatized in the presence of saline fluids during the early Paleoproterozoic. Such saline fluids could have been released during the waning stages of the magmatic process, probably due to the collapse and mixing of the accretionary wedge to the mantle wedge.

Keywords: Arc Magmatism, Metamorphism, southern India

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preliminary paleomagnetic studies on the mafic dykes in Western Dharwar craton, South India.

*Silpa Ammini Sasidharan[1], Madhusoodhan Satish-Kumar[2], Naoto Ishikawa[3], Krishnan Sajeev[4]

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 3. Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Kyoto, Japan, 4. Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science, Bangalore, India

Mafic dykes of varying dimensions and ages are well exposed all along the Archean Dharwar craton of south India. The mafic dykes in the Eastern Dharwar craton (EDC) have been studied in detail by several researchers previously (French and Heaman, 2010; Kumar et al., 2012, Srivastava et al., 2014). However, limited information is available for the dyke in Western Dharwar craton (WDC) and is considered in the present study. Representative samples were collected from dykes in the WDC and detailed petrography and geochemistry were carried out. The thin section observation revealed two different types of dykes based on the mineral assemblage, texture and the degree of alteration. First category of dykes is dolerites with typical ophitic texture and lath-shaped plagioclase. The other group of dyke samples showed high degree of alteration and remnant ophitic textures with the preservation of very less plagioclase laths as well as original mineralogy. This group termed as meta-dolerites, because of the prominent metamorphism. The dolerites and meta-dolerites are found to exhibit different distribution of major oxides as well as distinct trace and rare-earth element concentrations (Silpa and Satish-Kumar, 2018). The difference in petrography and geochemistry between the dolerites and meta-dolerites can lead to a preliminary inference that these two suits of rocks might not be co-genetic.

Understanding paleo- positions in which the dykes were emplaced is key while correlating the present, spatially distant cratons. Paleomagnetic studies will help to understand the paleo-position of the cratons and mafic dykes are expected to provide excellent records of the earth’s magnetic field as they cool rapidly when emplaced (Belica et al., 2014). For the preliminary paleomagnetic analyses, 86 core specimens were prepared from 33 sites including both dolerite and meta-dolerites and progressive demagnetization experiment has been conducted to assess the stability of natural remanent magnetization (NRM). Pilot specimens were subjected to alternating-field or thermal demagnetization and the NRMs were measured with a spinner magnetometer. Dolerite specimens yielded better magnetic behaviors with stable magnetic components. On the other hand, meta-dolerites show magnetic components probably carried by pyrrhotite and the magnetic behaviors were very unstable. Fig. 1 shows demagnetization behaviors of dolerite sample plotted on orthogonal vector-endpoint diagrams and equal area stereonets.

Studying the dykes in the Dharwar craton is key to understanding the evolution of the mantle during the Precambrian, especially in the Archean to Proterozoic transitional period. Dykes are emplaced after the period of major continental crust formation at around 2.7 Ga and hence the variation in mantle composition through time can be constrained. The dykes can be a result of a plume activity or an indicator of large igneous province and hence the study of which will give valuable information about the mantle source, the degree of melting and the source regions where melting occurred. Dyke swarms and LIPs are the products of major magmatic events in the Earth’s history that probably was the driving force in the breaking up of supercontinents, and they provide clues regarding the cratonic evolution through time. Due to their wide distribution, geochemically coherent dykes can be found in many cratons, thus providing key information on the close proximity of now separated supercontinents.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References

Belica, M.E., Piispa, E.J., Meert, J.G., Pesonen, L. J., Plado, J., Pandit, M.K., Celestino, M. Precambr. Res. 244, 100–122 (2014).

French, J. E., Heaman, L. M. Precambrian Res. 183, 416–441 (2010).

Kumar, A., Nagaraju, E., Besse, J.,. Rao ,Y. J. J. B. Precambrian Res. 220-221, 123–138 (2012).

Silpa, A. S., Satish-Kumar, M. J. Indian Inst. Sci. 98: 4, 365-378 (2018).

Srivastava, R. K.,Samal, A. K., Gautam, G. C. Int. Geol. Rev. 57, 11-12(2014).

Keywords: Mafic dykes, Precambrian, Paleomagetism, Geochemistry

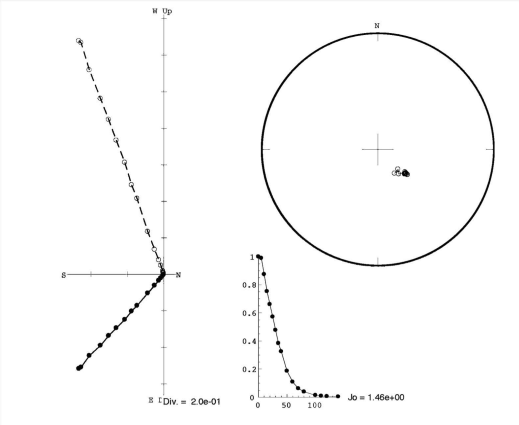


Fig. 1. Orthogonal vector plot, equal area stereonet and alternating-field demagnetization behavior for the dolerite showing typical characteristic remanent magnetization directions.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Syn-metamorphic boron-bearing fluid infiltrations deduced from tourmaline in the Main Central Thrust zone, eastern Nepal Himalayas

*河上 哲生[1]、酒井 治孝[1]、佐藤 活志[1]
*Tetsuo Kawakami[1], Harutaka Sakai[1], Katsushi Sato[1]

1. 京都大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

Mode of occurrence and chemical composition of tourmaline in pelitic schists from the Main Central Thrust (MCT) zone of the Lesser Himalayan Sequences (LHS) are described in detail to deduce the chemical characteristics of tourmaline formed through boron-bearing fluid infiltration, and to estimate the syn-metamorphic fluid compositions.

Metasomatic tourmaline from the tourmalinized wall rocks of tourmaline-quartz veins and a plagioclase-quartz vein shows significant increase in X_{Ca} [=Ca/(Ca+Na)] at almost constant X_{Mg} [=Mg/(Mg+Fe_{total})]. Plagioclase present in such veins are anorthite-rich, and is not in equilibrium with tourmaline. These chemical characteristics of tourmaline are also confirmed in some of the tourmaline-rich pelitic schists that contain more than 1.0 vol% tourmaline. The tourmaline-rich pelitic schists, therefore, are considered to have formed through boron-bearing fluid infiltration. Ca-metasomatism observed in the pelitic schists adjacent to the metadolostone layers points to Ca-enrichment of the fluid composition when passing through the metadolostone layers. Episodic infiltration of such fluids into pelitic schists resulted in production of abundant tourmaline with increasing X_{Ca} trend at almost constant X_{Mg}. Most of the tourmaline in tourmaline-rich pelitic schists are in equilibrium with plagioclase, suggesting rock-buffered environment during the fluid infiltration. The pelitic schists without tourmaline enrichment mostly show increase in X_{Ca} at broad X_{Mg} values, reflecting its growth during longer range of metamorphism.

The fluid compositions that coexisted with tourmaline were estimated by applying experimentally-determined fluid/tourmaline chemical relationships to the vein, tourmaline-rich pelitic schist and tourmaline-poor pelitic schist samples. Assuming coexisting anion to be Cl, they all gave salinity similar to the sea water (~0.6 mol/l NaCl) and slightly above it (~0.4-0.9 mol/l NaCl+$CaCl_2$). The tourmaline-bearing veins and tourmaline-rich pelitic schists indicative of syn-metamorphic boron-bearing fluid infiltrations are widely distributed in the MCT zone of the LHS.

This observation supports that such fluid infiltrations into the High Himalayan Crystallines (HHC), contemporaneous with the inverted metamorphism of the MCT zone, caused vapor-saturated partial melting of the HHC and formed tourmaline leucogranite melts.

キーワード：変成流体、ホウ素、電気石、逆転変成作用
Keywords: metamorphic fluid , boron, tourmaline, inverted metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

レッサーヒマラヤの現地性堆積物層下部（1.9-1.75 Ga）に産出する火成岩の岩石学的特徴：広域的組成変化とテクトニック場の推定
Geochemical characteristics of mafic and felsic igneous rocks (1.9-1.75 Ga) in the Lesser Himalaya: Regional variation and its implications for tectonic setting

*新城 竜一[1]、安室 朝基[1]、大浦 晃平[1]、大城 和哉[1]、田原 史朗[1]、酒井 治孝[2]
*Ryuichi Shinjo[1], Tomoki Amuro[1], Kohei Oura[1], Kazuya Oshiro[1], Shiro Tahara[1], Harutaka Sakai[2]

1. 琉球大学理学部物質地球科学科、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Department of Physics and Earth Sciences, University of the Ryukyus, 2. Faculty of Science, Kyoto University

We present geochemical characteristics of mafic and felsic intrusive rocks (1.9-1.75 Ga) in the Lesser Himalaya and discuss about its tectonic setting. Rocks are taken from wide range of the Lesser Himalaya.

Models of tectonic setting for these rocks are controversial, which include subduction-zone setting (Kohn et al., 2010) and continental rift setting (Sakai et al., 2013).

Analyses of immobile trace element compositions suggest that mafic rocks (metagabbro) from the eastern Nepal have within-plate (or OIB) type composition, while the rocks from central and western Nepal have chemical compositions similar to subduction-related (active continental margin) basalt. It is noted that both types occur in the western Nepal. Based on these results, we suggest that plume-related rift system is more likely tectonic setting for these mafic magmatism than arc setting. Arc-like signature in western Nepal rocks may be derived from sub-continental lithospheric mantle.

Similar regional variation in trace element compositions for felsic rocks was observed. Initial 143Nd/144Nd and 176Hf/177Hf of felsic rocks are lower than those of mafic rocks; thus crustal component might involved significantly in generation of felsic magmas.

キーワード：Nepal、Lesser Himalaya、tectonic setting
Keywords: Nepal, Lesser Himalaya, tectonic setting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrogenesis and tectonic implications of orbicular granodiorite from Yangtze cratonic nucleus

*Yihe Li[1]

1. China University of Geosciences Wuhan

Orbicular granodiorite outcropped in the Yangtze cratonic nucleus (Huangling Dome), where at least six Precambrian (3.4-0.8 Ga) tectonic events have been recorded. Hence, Huangling Orbicluar Granodiorite (HOG) could help us to investigate both petrogenesis and tectonic implications.

The HOG exposed in the northern margin of Neoproterozoic (~0.8 Ga) Huangling batholith, merely 30 meters long and 5 meters wide. They are composed of obicules (5-12 centimeters in diameter) and matrix. The obicules have different structure as no shell, one-layer shell and multiple-layer shells. In detail, one-layer shell are formed by dark color minerals such as amphibole and biotite; multiple-layer shells are made up of dark layers (dominated by amphibole) and light layers (dominated by plagioclase) at random intervals (0.2-4.3 millimeters). Their inner parts (core) are major plagioclase with minor amphiboles.

Mineral chemistry data are obtained by Electron Probe Micro Analyzer (EPMA) from two profiles crossing obicules. The An (An=100 Ca/(Ca+Na+K)) of plagioclase in matrix, shell and core from one-layer obicule are 26-30, 30-35 and 35-40, indicating the crystallization sequence is from core to shell and then matrix. The An of plagioclase in matrix, shell and core from multiple-layer obicule are more complicate, as 33, 36-46 and 42-45. The data suggest that the obicule crystallized before matrix, without distinct sequence between core and shells.

P-T conditions are calculated by Hb-Pl thermobarometry (Holland and Blundy, 1994; Bhadra and Bhattacharya, 2007). 0.63 GPa and 728℃ are obtained from core of one-layer obicule, while 0.49 GPa and 706℃ are gained from core of multiple-layer obicule. Moreover, P-T condition of multiple-layer shells vary from 0.50-0.80 Gpa and 669-713 ℃, showing pressure decrease towards core with few sharp increasing. The average P-T condition of shells are 0.60 Gpa and 700 ℃, whose pressure is higher than the core. As a result, the multiple-layer obicules may form during decompression. Besides, the sharp increase of An and P-T condition suggest that more basic (Ca-rich) composition may be added into shells during formation.

Chemical distribution patterns of shells and *in-situ* zircon structure have been examined by field emission scanning electron microscopy (FESEM). Energy-dispersive X-ray spectrometers (EDS) mapping shows that no obvious chemical differentiation have been observed in the rhythm shells. Core-mantle-rim structure zircons have been found in the matrix near the shells of obicules. Short columnar zircons with oscillatory bands have been found in amphiboles, while long columnar zircons with wide bands and overgrowth rims/patches have been found in plagioclase.

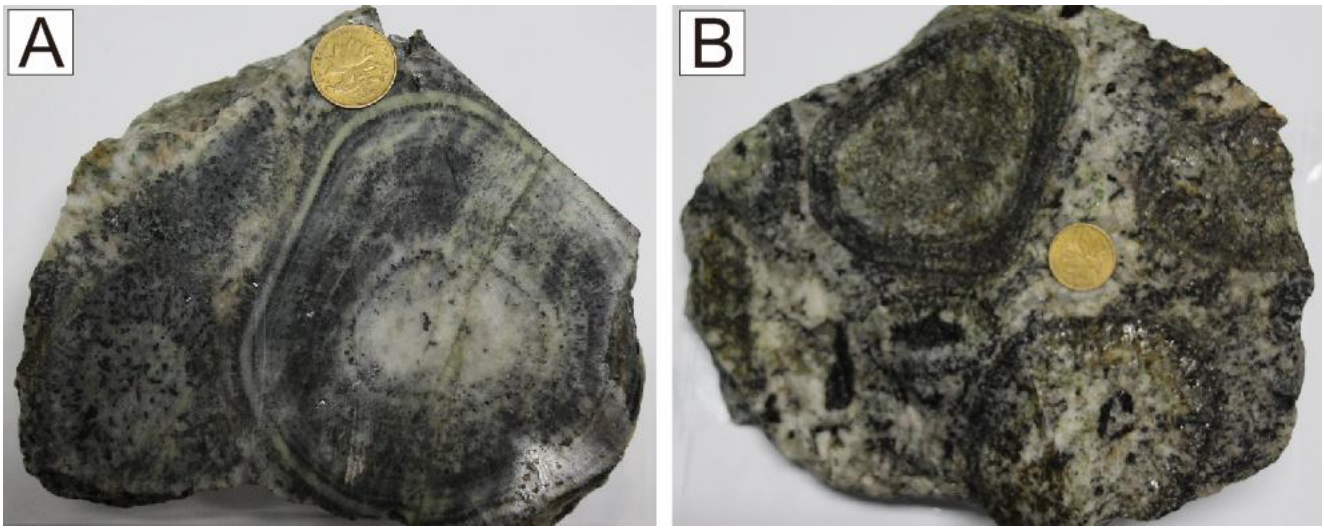
Zircons with Core-mantle-rim structure present concordant U-Pb ages as 1.95 Ga, 1.85 Ga and 0.88 Ga, with corresponding Epsilon Hf(t) values of -17.2 to -4.6, -10.8 to 0.36 and -23.6 to -21.5. Both short and long columnar zircons present concordant U-Pb ages of 0.88 Ga with Epsilon Hf(t) values of -23.7 to -19.85.

Based on new data and geological background, a model for generation of the HOG has been proposed as:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1) sediments metamorphosed at 1.95 Ga during continent-continent collision (Yin et al., 2013); 2) A-type granitic magma intruded the metasediments at 1.85 Ga (Xiong et al., 2009); 3) dioritic magma intruded the metasediments via the A-type granitic channel at 0.88 Ga; 4) water-rich superheating caused by dehydration of metasediments; 5) rapid crystallzation caused by undercooling while pressure decreasing.

Keywords: Huangling Orbicluar Granodiorite, Cratonic nucleus, Petrogenesis, Tectonic implications



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)

Supercontinent formation and dispersion has been enigmatic in the Earth's history. Eurasia is one such current supercontinent and incredible progress in the understanding of its geological evolution has been achieved in the past decade. Earlier supercontinents in the Earth's history such as Gondwana (0.5 Ga), Rodinia (1.0 Ga), Columbia/Nuna (2.0 Ga), Kenorland (2.5 Ga) and Vaalbara (3.1 Ga), have been the focus of several studies, however limited information on older supercontinents has restricted an understanding of their tectonic evolution. In this session, we invite authors around the world to present new data as well as review existing results on the continental scale crustal processes and tectonic evolution that are associated with supercontinent formation and breakup events in the Earth's history. The well-studied Eurasia and Gondwana supercontinents are of particular focus. Topics of interest include, but not restricted to, extremes in metamorphism, P-T-d-t evolution, magmatism, and the role of fluids. We hope to provide a platform for scientific discussions that will enlighten our understanding of the physical and chemical processes in the continental crust that records episodes of orogenesis that contributed to the formation and evolution of supercontinents.

[SMP31-P01] Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.琉球大学、4.島根大学、5.九州大学、6.千葉大学)

[SMP31-P02] 東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成

*森 祐紀[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP31-P03] “Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1] (1.National Institute of Polar Research)

[SMP31-P04] Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1]、Tomokazu Hokada[2]、Tatsuro Adachi[3]、Yasuhito Osanai[3]、Yoichi Motoyoshi[2]、Kazuyuki Shiraishi[2] (1.Chiba Univ、2.National Institute of Polar Research、3.Kyushu University)

[SMP31-P05] Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1]、Tsuyoshi Toyoshima[2]、Futoshi Nanayama[3] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. 、3.Geological Survey of Japan, AIST)

[SMP31-P06] **Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks**

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1]、Akari Imura[1]、Momoko Shirakawa[2]、Gen Shimoda[3]、Kosuke T. Goto[3]、M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4] (1.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、2.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、3.Geological Survey of Japan、4.University of Peradeniya, Sri Lanka)

Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1]
*Tomokazu Hokada[1,2], Sotaro Baba[3], Atsushi Kamei[4], Ippei Kitano[5], Kenji Horie[1,2], Yoshikuni Hiroi[1,6], Yoichi Motoyoshi[1,2], Mami Takehara[1], Kazuyuki Shiraishi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 琉球大学、4. 島根大学、5. 九州大学、6. 千葉大学
1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. University of the Ryukyus, 4. Shimane University, 5. Kyushu University, 6. Chiba University

Enderby Land in Antarctica comprises of Neoproterozoic-Cambrian (c.650-500 Ma) high-grade metamorphic terranes that constituting Gondwana supercontinent (e.g., Shiraishi et al., 2008). Easternmost part is “Western Rayner Complex” of which granulite-facies and partly UHT metamorphism (Motoyoshi et al., 1994, 1995) and 2400-1000 Ma protolith and 540-520 Ma metamorphic ages were reported (Shiraishi et al., 1997). Neighboring “Rayner Complex” is characterized by >2500-1000 Ma protolith and 980-910 Ma granulite-facies metamorphic ages. Boundary between the Rayner and the Western Rayner Complex has been not clearly defined until when Horie et al. (2016) obtained 934-894 Ma SHIRMP zircon U-Pb ages from Mt. Lira, Condon Hills and Mt. Yuzhnaya regions with minor 590-570 Ma zircons from Mt. Yuzhnaya. Hiroi (unpublished data) also demonstrated contrasting metamorphic P-T evolution among the Mt. Lira, Condon Hills and Mt. Yuzhnaya regions.

JARE-58 (2016-2017) geology team made a short visit and sampling at a small nunatak of west of Mt. Yuzhnaya, a small nunatak of east of Forefinger Point, and Point Widdows in order to assess the relationship between the Rayner and the Western Rayner Complexes. We will report and discuss the update of the characteristic features of the Rayner and the Western Rayner Complexes.

キーワード：南極、ゴンドワナ、超大陸、変成作用、地質年代
Keywords: Antarctica, Gondwana, Supercontinent, metamorphism, geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成
Composition of constituent minerals in corona-bearing and -free mafic gneisses from the Lützow-Holm Complex at Skallen, East Antarctica

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]
*Yuki Mori[1], Takeshi Ikeda[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

Corona is one of the non-equilibrium microstructures and has been employed to infer pressure-temperature path of the metamorphic rocks. The corona around garnet is common in mafic to ultramafic gneisses in the Lützow-Holm Complex (LHC) of East Antarctica (e.g., Hiroi et al., 1991). However, not every garnet in mafic to ultramafic gneisses accompanies the corona. In our ongoing study to reveal the controlling factors of presence and absence of the corona, we compare the composition of garnet and hornblende of the corona-bearing (no. I-223) and -free (no. I-232) mafic gneisses from Skallen.

The metamorphic grade of the complex increases progressively from the upper amphibolite facies to granulite facies toward the southwest, and the LHC is divided into three zones referred to as the amphibolite-facies zone, transitional zone, and granulite-facies zone (Hiroi et al., 1991). Recent studies have revealed that both transitional and granulite-facies zones had undergone high temperatures that exceed 800 ˚C (e.g., Iwamura et al, 2013; Kawakami et al., 2016). Skallen is an exposure located in the granulite-facies zone.

The constituent minerals in the matrix of the studied samples are almost same (garnet, hornblende, plagioclase with minor amounts of clinopyroxene and orthopyroxene), but I-223 further contains biotite. The microstructure and chemical composition of I-223 is as follows. The garnet grain is coarse (15 mm in diameter) and surrounded by a symplectitic corona composed of orthopyroxene and plagioclase. Garnet is clearly divided into two domains of Ca-rich core (Xgrs=0.23) and Ca-poor rim (Xgrs=0.18). X_{Mg} [=Mg/(Mg+Fe)] increases toward rim from 0.22 to 0.27, and that in the outer part of the rim decreases toward the boundary between the garnet and the corona from 0.27 to 0.22. The Ca-poor rim of the garnet includes irregular-shaped nanogranite composed of quartz, biotite, plagioclase, and K-feldspar. Hornblende is brown to brownish-green and polygonal. The X_{Mg} of the hornblende is 0.46-0.50. Matrix plagioclase often shows antiperthite intergrowing An50 plagioclase with Or96 K-feldspar. The coronal plagioclase has higher anorthite content (An80) than that in the matrix (An50). The microstructure and chemical composition of I-232 is as follows. The garnet grain is coarse (10 mm long) and elongated. The garnet and the hornblende define foliation of the rock. The hornblende is brown to pale brown. The composition of garnet gradually changes from core (Alm52Prp31Grs14Sps3) to rim (Alm52Prp28Grs17Sps3). The X_{Mg} in the hornblende varies from 0.60-0.70, and the composition is heterogeneous even in one grain. Most part of plagioclase is An45, and some parts of rim of the plagioclase have higher anorthite content of 70.

The garnet and hornblende in the corona-bearing gneiss have lower X_{Mg} than those in the corona-free gneiss. In addition, calcium content of the garnet and matrix plagioclase in the corona-bearing gneiss is

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

higher than that in the corona-free gneiss. Therefore, we consider that bulk composition is one of the factors controlling the corona formation. The presence of nanogranite in the garnet surrounded by the corona suggests that partial melting and transport of the melt would cause the change of bulk composition in part.

キーワード：コロナ、柘榴石、ナノ花崗岩、リュツォ・ホルム岩体、南極
Keywords: corona, garnet, nanogranite, Lützow-Holm Complex, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

“Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1]

1. National Institute of Polar Research

U-Pb zircon dating has played a pivotal role in geochronology due to zircon’s high durability and high closure temperature. In addition, the paired decay scheme of two U isotopes allows us to verify the determined U-Pb zircon age. The Napier Complex in East Antarctica is well known because it preserves both of evidence of ultrahigh-temperature (UHT) metamorphism (e.g., Sheraton et al., 1987; Harley & Hensen 1990) and long Archaean crustal history from 3800 Ma to 2500 Ma (e.g., Harley & Black 1997). Previous researchers also reported the possibilities of the early Archean crust in the Napier Complex (e.g., Compston and Williams, 1982). Some previous researchers pointed out discordant U-Pb data including reverse discordance which was derived from the redistribution of radiogenic Pb isotopes in zircon in the Napier Complex samples (e.g., Kusiak et al., 2013). The some discordant U-Pb data looks concordant but actually reflect the Pb redistribution, namely “pseudo-concordance.” They suggest the redistribution of the radiogenic Pb isotopes in zircons was associated with the UHT metamorphism based on the Pb isotope mapping of the zircons. This report is critical for accurate U-Pb zircon geochronology in the UHT metamorphic region, such as the Napier Complex. Therefore, in this study, the zircons from the rock sample of the Napier Complex were characterized on the basis of the observation and trace-element contents, and the information was utilized for interpretation of the U-Pb data.
Zircons collected from a tonalitic gneiss (170223-2A-09) were first analyzed using sensitive high resolution ion-microprobes (SHRIMP IIe and SHRIMP IIe/AMC) at the National Institute of Polar Research, Japan. The sample was collected at the Harvey Nunatak, which is located close to Mt. Sones. The geochronological data from the Harvey Nunatak had never been reported. The sample was crushed by a high-voltage pulse power fragmentation device (Selfrag Lab) to preserve the external morphology of zircons and prevent contamination (Takehara et al., 2018). After pulverizing, the zircon grains were concentrated using conventional mineral separation techniques, including heavy liquid separation with methylene iodide and magnetic separation.
The zircon grains include fractures and slightly mineral inclusion based on the observation of transmitted light images by an optical microscope. BSE images show that some zircon grains have darker BSE-response domains, which suggests depletion of contents of Zr and Si during hydrothermal alteration of zircon. The zircons show typically high U contents (average is ~2500 ppm), and the U-Pb age from the high U zircons was corrected for the matrix effect derived from the high U contents according to the method by Williams & Hergt (2000) and White & Ireland (2012). It seems that the unaltered zircons show concordant data from about 2450 Ma to 2540 Ma with discordance (Disc.(%) = 1 −(206Pb/238U age)/(207Pb/206Pb age)} ×100 (e.g, Song et al., 1996)) ranges from -5 to +9%. On the other hand, trace element geochemistry of zircons does not support detritus protolith. In this presentation, the information of trace-element contents in zircons was utilized for the interpretation of U-Pb data and “pseudo-concordance.”

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1], Tomokazu Hokada[2], Tatsuro Adachi[3], Yasuhito Osanai[3], Yoichi Motoyoshi[2], Kazuyuki Shiraishi[2]

1. Chiba Univ, 2. National Institute of Polar Research, 3. Kyushu University

The Lützow-Holm Complex in Antarctica is a part of Neoproterozoic-Cambrian (c.650-500 Ma) collisional orogen to form Gondwana supercontinent. It is characterized by progressive metamorphism from upper amphibolite facies in the eastern part of the Prince Olav Coast to upper granulite facies in the southern Sôya Coast (e.g., Hiroi et al., 1991). UHT metamorphism is evidenced by such diagnostic mineral assemblages as Opx + Sil + Grt + Rt + Qz and Spr + Qz in Mg-Al-rich pelitic granulites in Rundvågshetta. Intimate intergrowths of Ky + Spr + Grt and Sil + Spr + Grt as well as andalusite-bearing falsite-nanogranite inclusions are included in the same porphyroblastic garnet, which is compositionally zoned, with Mg-rich core, Fe–Mn-rich rim, and core-to-rim oscillation of Ca. Integration of these new data with those previously documented leads to the inference of a rapid change in pressure–temperature conditions during regional UHT metamorphism in this part of the late Neoproterozoic to early Paleozoic ‘large and hot orogen’. Several lines of evidence indicate that partial melting and melt extraction took place even in mafic granulites of fragmented gabbro origin.

Keywords: Antarctica, Gondwana, Supercontinent, UHT metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1], Tsuyoshi Toyoshima[2], Futoshi Nanayama[3]

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. , 3. Geological Survey of Japan, AIST

Melanges records information about deformation history and tectonic events in plate margins and orogens and hence they are important in evolution of accretionary complexes [1]. Mélange facies rocks and brocken formations distributed in Nakanogawa Group of Hidaak Belt in Central Hokkaido is known as Hiroo Complex. We carried out detailed field mapping and structural studies on melange facies rocks distributed around Tachiiwa, Kamitoyoni and Daimaruyama region of Hiroo Complex. Four different deformation processes (D1,D2,D3 and D4) are identified from field to micro-scale observations. D1 event shear zones are wide and considerd as penitrative but D2, D3 and D4 shear zones observed in narrow deformation zones and considerd as less penitrative local events. D1 shearzones are identified as scaly fabric in mudstone and asymmetrically sheared sandstone clast distributed in it. This is similar to 'block in matrix' structure, typical of tectonic melange devoloped in accretionary complexes. D1 foliation trends in N-NNW direction. Tectonic evolution of theses rocks confirmed by pressure solution cleavage, composite planar fabrics (P-Y-R shear), asymmetrical folds and dip-parallel streching lineation. P-Y-R shear relation and other asymmetrical structures in both field and microscale observation shows east-side-up sense of movement. This shear sense suggest that major penetrative deformatoin phase in melange was connected to accretionary complex devolopment in paleo-Kuril-Arc region, where initial subduction was directed in N-S direction and later it rotated clockwise and attained its present position. D2, D3 and D4 events were recognized as dextral strike-slip movement, sinistral-strike-slip to oblique-slip movement and west-side-down movement sense respectively . Mega-micro scale observation of D2 and D3 events show the properties of cataclastic deformation and D4 event is that of fault gouge. Based on this D2, D3 and D4 events are considered as upper crustal or local deformation processes. We consider these are linked to post-melange deformation processes and related to final stages of devolopment of Hidaka Metamorphic Belt (HMB). Recent geochemical studies from Daimaruyama region and geochronological studies from Nakanogawa Group region points that Hiroo Complex was part of initiallly northward subducting Paleo-Kuril Arc region [2]. Through detailed strucural analysis, this study also confirms that Hiroo Complex was devoloped in accretionary complex of paleo- Kuril-Arc by an offscrapping mode of evolution. Later Hiroo Complex became part of Nakanogawa Group through a series of deformation processes asocciated with arc-arc colission between paleo-Kuril Arc and paleo-Japan Arc.
[1]A. Festa et al., 2012. Tectonophysics, 568, 7-24 [2] T.Yamasaki, F. Nanayama, 2018. Lithos. 302, 224-241

Keywords: Hiroo Complex, Paleo Kuri lArc, Mélange tectonics, Accretionary Complex, Nakanogawa Group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1], Akari Imura[1], Momoko Shirakawa[2], Gen Shimoda[3], Kosuke T. Goto[3], M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4]

1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Geological Survey of Japan, 4. University of Peradeniya, Sri Lanka

Tectonic environment of metasedimentary sequences deposit in orogenic belts is of importance in understanding the formation and evolution of supercontinents. In particular, chemically deposited carbonate rocks are supposed to hold key information of extinct paleo-oceans, since they are directly precipitated from seawater. In this study, we carried out a comprehensive trace and rare earth element analysis, carbon, oxygen, strontium, neodymium and lead isotope measurements in metacarbonate rocks from the Highland Complex, Sri Lanka. The isotopic systems studied have distinct residence and mixing time in seawater, and are also controlled by the input from surrounding continents. We present here the behaviour of each isotopic system with respect to different processes right from the deposition of carbonate from the seawater through diagenesis and then prograde and retrograde metamorphism. TheProterozoic basement of Sri Lanka is subdivided into four lithotectonic units, namely, the Highland Complex (HC), the Wanni Complex (WC), the Vijayan Complex (VC), and the Kadugannawa Complex (KC), based on Nd isotope model ages. The HC is mainly composed of metasedimentary rocks (granulite facies metaquartzites, metapelitic gneisses and metacarbonate rocks), whereas exposures of the WC and the VC are mainly metaigneous rocks. The metacarbonate rocks in the HC generally occur as layers parallel with other metasedimentary lithological units, and show a NE trend.

We measured oxygen and carbon isotope ratios to understand the effect of diagenetic to metamorphic alterations, which can be recognized in negative isotope shifts. In general, the metacarbonate rocks have positive oxygen isotopic composition comparable with the Proterozoic unmetamorphosed carbonates, suggesting that these rocks were not affected by external fluids during digenesis, dolomitization or metamorphism. However, some of the rock units have been affected by later fluid infiltration as seen in major shifts in oxygen isotopic composition. Negative shifts in both carbon and oxygen isotopes correspond to the metamorphic decarbonation reactions being prominent. Strontium isotope chemostratigraphy was applied for the selected samples with least signatures of alteration. The depositional ages show a younging direction of sedimentation from the Wanni-side to the Vijayan-side. In the case of Nd isotopes, the values correspond to variable mixing of continent derived and oceanic crust derived components during carbonate deposition. This is clearly depicted in the ε Sr vs. ε Nd cross-plots where typical seawater-rock mixing relationship in metacarbonate rocks associated with continents and oceanic crusts can be deduced.Pb isotopic composition of the metacarbonate rocks in Sri Lanka indicated significant differences within the HC; the Vijayan side is more radiogenic than that of Wanni side. This might be due to the difference of initial composition, as well as the relationship to depositional basin and seawater composition. We also observed very low U/Pb ratios, which are considered to have occurred due to the U-loss during metamorphic recrystallization.Thus, the Sr-Nd-Pb isotopic composition in metacarbonate rocks suggests interaction between the oceanic crust and carbonate rocks on the Wanni side whereas on the Vijayan side, carbonate sedimentation was accompanied by interaction with cratonic continental crust.Thus, by applying a multi-element isotope geochemical approach on metacarbonate rocks collected from continental collisional zones, and by comparing the data with basement rocks from various neighbouring Gondwana continents, regional affinities could be established.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sr, Nd and Pb isotopic compositions provide important information about the depositional settings of sedimentary rocks and provide key information about the surrounding terrains of oceanic and continental affinities during the time of deposition. This can lead to a better understanding of paleo-tectonic settings of crustal fragments that assemble to form supercontinents.

Keywords: metacarbonates, Sr-Nd-Pb isotopes, Sri Lanka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-MP 岩石学・鉱物学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_34

[S-MP31] Supercontinents and Crustal Evolution

コンビーナ:Satish-Kumar Madhusoodhan(Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University)、外田 智千(国立極地研究所)、Sajeev Krishnan(Centre for Earth Sciences, Indian Institute of Science)、小山内 康人(九州大学大学院比較社会文化研究院地球変動講座)

Supercontinent formation and dispersion has been enigmatic in the Earth's history. Eurasia is one such current supercontinent and incredible progress in the understanding of its geological evolution has been achieved in the past decade. Earlier supercontinents in the Earth's history such as Gondwana (0.5 Ga), Rodinia (1.0 Ga), Columbia/Nuna (2.0 Ga), Kenorland (2.5 Ga) and Vaalbara (3.1 Ga), have been the focus of several studies, however limited information on older supercontinents has restricted an understanding of their tectonic evolution. In this session, we invite authors around the world to present new data as well as review existing results on the continental scale crustal processes and tectonic evolution that are associated with supercontinent formation and breakup events in the Earth's history. The well-studied Eurasia and Gondwana supercontinents are of particular focus. Topics of interest include, but not restricted to, extremes in metamorphism, P-T-d-t evolution, magmatism, and the role of fluids. We hope to provide a platform for scientific discussions that will enlighten our understanding of the physical and chemical processes in the continental crust that records episodes of orogenesis that contributed to the formation and evolution of supercontinents.

[SMP31-P01] Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1] (1.国立極地研究所、2.総合研究大学院大学、3.琉球大学、4.島根大学、5.九州大学、6.千葉大学)

[SMP31-P02] 東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成

*森 祐紀[1]、池田 剛[2] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[SMP31-P03] “Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1] (1.National Institute of Polar Research)

[SMP31-P04] Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1]、Tomokazu Hokada[2]、Tatsuro Adachi[3]、Yasuhito Osanai[3]、Yoichi Motoyoshi[2]、Kazuyuki Shiraishi[2] (1.Chiba Univ、2.National Institute of Polar Research、3.Kyushu University)

[SMP31-P05] Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1]、Tsuyoshi Toyoshima[2]、Futoshi Nanayama[3] (1.Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan、2.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. 、3.Geological Survey of Japan, AIST)

[SMP31-P06] **Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks**

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1]、Akari Imura[1]、Momoko Shirakawa[2]、Gen Shimoda[3]、Kosuke T. Goto[3]、M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4] (1.Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University、2.Graduate School of Science and Technology, Niigata University、3.Geological Survey of Japan、4.University of Peradeniya, Sri Lanka)

Re-examination of metamorphic and geochronologic events in Rayner Complex and Western Rayner Complex in Antarctica

*外田 智千[1,2]、馬場 壮太郎[3]、亀井 淳志[4]、北野 一平[5]、堀江 憲路[1,2]、廣井 美邦[1,6]、本吉 洋一[1,2]、竹原 真美[1]、白石 和行[1]
*Tomokazu Hokada[1,2], Sotaro Baba[3], Atsushi Kamei[4], Ippei Kitano[5], Kenji Horie[1,2], Yoshikuni Hiroi[1,6], Yoichi Motoyoshi[1,2], Mami Takehara[1], Kazuyuki Shiraishi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 琉球大学、4. 島根大学、5. 九州大学、6. 千葉大学
1. National Institute of Polar Research, 2. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), 3. University of the Ryukyus, 4. Shimane University, 5. Kyushu University, 6. Chiba University

Enderby Land in Antarctica comprises of Neoproterozoic-Cambrian (c.650-500 Ma) high-grade metamorphic terranes that constituting Gondwana supercontinent (e.g., Shiraishi et al., 2008). Easternmost part is “Western Rayner Complex” of which granulite-facies and partly UHT metamorphism (Motoyoshi et al., 1994, 1995) and 2400-1000 Ma protolith and 540-520 Ma metamorphic ages were reported (Shiraishi et al., 1997). Neighboring “Rayner Complex” is characterized by >2500-1000 Ma protolith and 980-910 Ma granulite-facies metamorphic ages. Boundary between the Rayner and the Western Rayner Complex has been not clearly defined until when Horie et al. (2016) obtained 934-894 Ma SHIRMP zircon U-Pb ages from Mt. Lira, Condon Hills and Mt. Yuzhnaya regions with minor 590-570 Ma zircons from Mt. Yuzhnaya. Hiroi (unpublished data) also demonstrated contrasting metamorphic P-T evolution among the Mt. Lira, Condon Hills and Mt. Yuzhnaya regions.

JARE-58 (2016-2017) geology team made a short visit and sampling at a small nunatak of west of Mt. Yuzhnaya, a small nunatak of east of Forefinger Point, and Point Widdows in order to assess the relationship between the Rayner and the Western Rayner Complexes. We will report and discuss the update of the characteristic features of the Rayner and the Western Rayner Complexes.

キーワード：南極、ゴンドワナ、超大陸、変成作用、地質年代
Keywords: Antarctica, Gondwana, Supercontinent, metamorphism, geochronology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東南極リュツォ・ホルム岩体スカーレンに産するコロナを含む苦鉄質片麻岩とコロナを含まない苦鉄質片麻岩の構成鉱物の化学組成
Composition of constituent minerals in corona-bearing and -free mafic gneisses from the Lützow-Holm Complex at Skallen, East Antarctica

*森 祐紀[1]、池田 剛[2]
*Yuki Mori[1], Takeshi Ikeda[2]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

Corona is one of the non-equilibrium microstructures and has been employed to infer pressure-temperature path of the metamorphic rocks. The corona around garnet is common in mafic to ultramafic gneisses in the Lützow-Holm Complex (LHC) of East Antarctica (e.g., Hiroi et al., 1991). However, not every garnet in mafic to ultramafic gneisses accompanies the corona. In our ongoing study to reveal the controlling factors of presence and absence of the corona, we compare the composition of garnet and hornblende of the corona-bearing (no. I-223) and -free (no. I-232) mafic gneisses from Skallen.

The metamorphic grade of the complex increases progressively from the upper amphibolite facies to granulite facies toward the southwest, and the LHC is divided into three zones referred to as the amphibolite-facies zone, transitional zone, and granulite-facies zone (Hiroi et al., 1991). Recent studies have revealed that both transitional and granulite-facies zones had undergone high temperatures that exceed 800 ˚C (e.g., Iwamura et al, 2013; Kawakami et al., 2016). Skallen is an exposure located in the granulite-facies zone.

The constituent minerals in the matrix of the studied samples are almost same (garnet, hornblende, plagioclase with minor amounts of clinopyroxene and orthopyroxene), but I-223 further contains biotite. The microstructure and chemical composition of I-223 is as follows. The garnet grain is coarse (15 mm in diameter) and surrounded by a symplectitic corona composed of orthopyroxene and plagioclase. Garnet is clearly divided into two domains of Ca-rich core (Xgrs=0.23) and Ca-poor rim (Xgrs=0.18). X_{Mg} [=Mg/(Mg+Fe)] increases toward rim from 0.22 to 0.27, and that in the outer part of the rim decreases toward the boundary between the garnet and the corona from 0.27 to 0.22. The Ca-poor rim of the garnet includes irregular-shaped nanogranite composed of quartz, biotite, plagioclase, and K-feldspar. Hornblende is brown to brownish-green and polygonal. The X_{Mg} of the hornblende is 0.46-0.50. Matrix plagioclase often shows antiperthite intergrowing An50 plagioclase with Or96 K-feldspar. The coronal plagioclase has higher anorthite content (An80) than that in the matrix (An50). The microstructure and chemical composition of I-232 is as follows. The garnet grain is coarse (10 mm long) and elongated. The garnet and the hornblende define foliation of the rock. The hornblende is brown to pale brown. The composition of garnet gradually changes from core (Alm52Prp31Grs14Sps3) to rim (Alm52Prp28Grs17Sps3). The X_{Mg} in the hornblende varies from 0.60-0.70, and the composition is heterogeneous even in one grain. Most part of plagioclase is An45, and some parts of rim of the plagioclase have higher anorthite content of 70.

The garnet and hornblende in the corona-bearing gneiss have lower X_{Mg} than those in the corona-free gneiss. In addition, calcium content of the garnet and matrix plagioclase in the corona-bearing gneiss is

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

higher than that in the corona-free gneiss. Therefore, we consider that bulk composition is one of the factors controlling the corona formation. The presence of nanogranite in the garnet surrounded by the corona suggests that partial melting and transport of the melt would cause the change of bulk composition in part.

キーワード：コロナ、柘榴石、ナノ花崗岩、リュツォ・ホルム岩体、南極
Keywords: corona, garnet, nanogranite, Lützow-Holm Complex, Antarctica

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

“Pseudo-concordance” of U-Pb system in zircon at Harvey Nunatak, Napier Complex, East Antarctica

*Mami Takehara[1]

1. National Institute of Polar Research

U-Pb zircon dating has played a pivotal role in geochronology due to zircon’s high durability and high closure temperature. In addition, the paired decay scheme of two U isotopes allows us to verify the determined U-Pb zircon age. The Napier Complex in East Antarctica is well known because it preserves both of evidence of ultrahigh-temperature (UHT) metamorphism (e.g., Sheraton et al., 1987; Harley & Hensen 1990) and long Archaean crustal history from 3800 Ma to 2500 Ma (e.g., Harley & Black 1997). Previous researchers also reported the possibilities of the early Archean crust in the Napier Complex (e.g., Compston and Williams, 1982). Some previous researchers pointed out discordant U-Pb data including reverse discordance which was derived from the redistribution of radiogenic Pb isotopes in zircon in the Napier Complex samples (e.g., Kusiak et al., 2013). The some discordant U-Pb data looks concordant but actually reflect the Pb redistribution, namely “pseudo-concordance.” They suggest the redistribution of the radiogenic Pb isotopes in zircons was associated with the UHT metamorphism based on the Pb isotope mapping of the zircons. This report is critical for accurate U-Pb zircon geochronology in the UHT metamorphic region, such as the Napier Complex. Therefore, in this study, the zircons from the rock sample of the Napier Complex were characterized on the basis of the observation and trace-element contents, and the information was utilized for interpretation of the U-Pb data.
Zircons collected from a tonalitic gneiss (170223-2A-09) were first analyzed using sensitive high resolution ion-microprobes (SHRIMP IIe and SHRIMP IIe/AMC) at the National Institute of Polar Research, Japan. The sample was collected at the Harvey Nunatak, which is located close to Mt. Sones. The geochronological data from the Harvey Nunatak had never been reported. The sample was crushed by a high-voltage pulse power fragmentation device (Selfrag Lab) to preserve the external morphology of zircons and prevent contamination (Takehara et al., 2018). After pulverizing, the zircon grains were concentrated using conventional mineral separation techniques, including heavy liquid separation with methylene iodide and magnetic separation.
The zircon grains include fractures and slightly mineral inclusion based on the observation of transmitted light images by an optical microscope. BSE images show that some zircon grains have darker BSE-response domains, which suggests depletion of contents of Zr and Si during hydrothermal alteration of zircon. The zircons show typically high U contents (average is ~2500 ppm), and the U-Pb age from the high U zircons was corrected for the matrix effect derived from the high U contents according to the method by Williams & Hergt (2000) and White & Ireland (2012). It seems that the unaltered zircons show concordant data from about 2450 Ma to 2540 Ma with discordance (Disc.(%) = 1 −(206Pb/238U age)/(207Pb/206Pb age)} ×100 (e.g, Song et al., 1996)) ranges from -5 to +9%. On the other hand, trace element geochemistry of zircons does not support detritus protolith. In this presentation, the information of trace-element contents in zircons was utilized for the interpretation of U-Pb data and “pseudo-concordance.”

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rapid UHT metamorphism and exhumation of the Lützow-Holm Complex in Antarctica

*Yoshikuni Hiroi[1], Tomokazu Hokada[2], Tatsuro Adachi[3], Yasuhito Osanai[3], Yoichi Motoyoshi[2], Kazuyuki Shiraishi[2]

1. Chiba Univ, 2. National Institute of Polar Research, 3. Kyushu University

The Lützow-Holm Complex in Antarctica is a part of Neoproterozoic-Cambrian (c.650-500 Ma) collisional orogen to form Gondwana supercontinent. It is characterized by progressive metamorphism from upper amphibolite facies in the eastern part of the Prince Olav Coast to upper granulite facies in the southern Sôya Coast (e.g., Hiroi et al., 1991). UHT metamorphism is evidenced by such diagnostic mineral assemblages as Opx + Sil + Grt + Rt + Qz and Spr + Qz in Mg-Al-rich pelitic granulites in Rundvågshetta. Intimate intergrowths of Ky + Spr + Grt and Sil + Spr + Grt as well as andalusite-bearing falsite-nanogranite inclusions are included in the same porphyroblastic garnet, which is compositionally zoned, with Mg-rich core, Fe–Mn-rich rim, and core-to-rim oscillation of Ca. Integration of these new data with those previously documented leads to the inference of a rapid change in pressure–temperature conditions during regional UHT metamorphism in this part of the late Neoproterozoic to early Paleozoic ‘large and hot orogen’. Several lines of evidence indicate that partial melting and melt extraction took place even in mafic granulites of fragmented gabbro origin.

Keywords: Antarctica, Gondwana, Supercontinent, UHT metamorphism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tectonic History of Hiroo Complex and its implication inpaleo-Kuril Arc evolution

*Sreehari Lakshmanan[1], Tsuyoshi Toyoshima[2], Futoshi Nanayama[3]

1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata Univ. , 3. Geological Survey of Japan, AIST

Melanges records information about deformation history and tectonic events in plate margins and orogens and hence they are important in evolution of accretionary complexes [1]. Mélange facies rocks and brocken formations distributed in Nakanogawa Group of Hidaak Belt in Central Hokkaido is known as Hiroo Complex. We carried out detailed field mapping and structural studies on melange facies rocks distributed around Tachiiwa, Kamitoyoni and Daimaruyama region of Hiroo Complex. Four different deformation processes (D1,D2,D3 and D4) are identified from field to micro-scale observations. D1 event shear zones are wide and considerd as penitrative but D2, D3 and D4 shear zones observed in narrow deformation zones and considerd as less penitrative local events. D1 shearzones are identified as scaly fabric in mudstone and asymmetrically sheared sandstone clast distributed in it. This is similar to 'block in matrix' structure, typical of tectonic melange devoloped in accretionary complexes. D1 foliation trends in N-NNW direction. Tectonic evolution of theses rocks confirmed by pressure solution cleavage, composite planar fabrics (P-Y-R shear), asymmetrical folds and dip-parallel streching lineation. P-Y-R shear relation and other asymmetrical structures in both field and microscale observation shows east-side-up sense of movement. This shear sense suggest that major penetrative deformatoin phase in melange was connected to accretionary complex devolopment in paleo-Kuril-Arc region, where initial subduction was directed in N-S direction and later it rotated clockwise and attained its present position. D2, D3 and D4 events were recognized as dextral strike-slip movement, sinistral-strike-slip to oblique-slip movement and west-side-down movement sense respectively . Mega-micro scale observation of D2 and D3 events show the properties of cataclastic deformation and D4 event is that of fault gouge. Based on this D2, D3 and D4 events are considered as upper crustal or local deformation processes. We consider these are linked to post-melange deformation processes and related to final stages of devolopment of Hidaka Metamorphic Belt (HMB). Recent geochemical studies from Daimaruyama region and geochronological studies from Nakanogawa Group region points that Hiroo Complex was part of initiallly northward subducting Paleo-Kuril Arc region [2]. Through detailed strucural analysis, this study also confirms that Hiroo Complex was devoloped in accretionary complex of paleo- Kuril-Arc by an offscrapping mode of evolution. Later Hiroo Complex became part of Nakanogawa Group through a series of deformation processes asocciated with arc-arc colission between paleo-Kuril Arc and paleo-Japan Arc.
[1]A. Festa et al., 2012. Tectonophysics, 568, 7-24 [2] T.Yamasaki, F. Nanayama, 2018. Lithos. 302, 224-241

Keywords: Hiroo Complex, Paleo Kuri lArc, Mélange tectonics, Accretionary Complex, Nakanogawa Group

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Behaviour of C, O, Sr, Nd and Pb isotopes in high-grade metacarbonate rocks

*Madhusoodhan Satish-Kumar[1], Akari Imura[1], Momoko Shirakawa[2], Gen Shimoda[3], Kosuke T. Goto[3], M A Sanjeewa P K Malaviarachchi[4]

1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Geological Survey of Japan, 4. University of Peradeniya, Sri Lanka

Tectonic environment of metasedimentary sequences deposit in orogenic belts is of importance in understanding the formation and evolution of supercontinents. In particular, chemically deposited carbonate rocks are supposed to hold key information of extinct paleo-oceans, since they are directly precipitated from seawater. In this study, we carried out a comprehensive trace and rare earth element analysis, carbon, oxygen, strontium, neodymium and lead isotope measurements in metacarbonate rocks from the Highland Complex, Sri Lanka. The isotopic systems studied have distinct residence and mixing time in seawater, and are also controlled by the input from surrounding continents. We present here the behaviour of each isotopic system with respect to different processes right from the deposition of carbonate from the seawater through diagenesis and then prograde and retrograde metamorphism. TheProterozoic basement of Sri Lanka is subdivided into four lithotectonic units, namely, the Highland Complex (HC), the Wanni Complex (WC), the Vijayan Complex (VC), and the Kadugannawa Complex (KC), based on Nd isotope model ages. The HC is mainly composed of metasedimentary rocks (granulite facies metaquartzites, metapelitic gneisses and metacarbonate rocks), whereas exposures of the WC and the VC are mainly metaigneous rocks. The metacarbonate rocks in the HC generally occur as layers parallel with other metasedimentary lithological units, and show a NE trend.

We measured oxygen and carbon isotope ratios to understand the effect of diagenetic to metamorphic alterations, which can be recognized in negative isotope shifts. In general, the metacarbonate rocks have positive oxygen isotopic composition comparable with the Proterozoic unmetamorphosed carbonates, suggesting that these rocks were not affected by external fluids during digenesis, dolomitization or metamorphism. However, some of the rock units have been affected by later fluid infiltration as seen in major shifts in oxygen isotopic composition. Negative shifts in both carbon and oxygen isotopes correspond to the metamorphic decarbonation reactions being prominent. Strontium isotope chemostratigraphy was applied for the selected samples with least signatures of alteration. The depositional ages show a younging direction of sedimentation from the Wanni-side to the Vijayan-side. In the case of Nd isotopes, the values correspond to variable mixing of continent derived and oceanic crust derived components during carbonate deposition. This is clearly depicted in the ε Sr vs. ε Nd cross-plots where typical seawater-rock mixing relationship in metacarbonate rocks associated with continents and oceanic crusts can be deduced.Pb isotopic composition of the metacarbonate rocks in Sri Lanka indicated significant differences within the HC; the Vijayan side is more radiogenic than that of Wanni side. This might be due to the difference of initial composition, as well as the relationship to depositional basin and seawater composition. We also observed very low U/Pb ratios, which are considered to have occurred due to the U-loss during metamorphic recrystallization.Thus, the Sr-Nd-Pb isotopic composition in metacarbonate rocks suggests interaction between the oceanic crust and carbonate rocks on the Wanni side whereas on the Vijayan side, carbonate sedimentation was accompanied by interaction with cratonic continental crust.Thus, by applying a multi-element isotope geochemical approach on metacarbonate rocks collected from continental collisional zones, and by comparing the data with basement rocks from various neighbouring Gondwana continents, regional affinities could be established.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sr, Nd and Pb isotopic compositions provide important information about the depositional settings of sedimentary rocks and provide key information about the surrounding terrains of oceanic and continental affinities during the time of deposition. This can lead to a better understanding of paleo-tectonic settings of crustal fragments that assemble to form supercontinents.

Keywords: metacarbonates, Sr-Nd-Pb isotopes, Sri Lanka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:前野 深、青木 陽介

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SVC38-06] アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

*前野 深[1]、金子 隆之[1] (1.東京大学地震研究所)

9:15 ~ 9:30

[SVC38-07] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学防災研究所、3.TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan)

9:30 ~ 9:45

[SVC38-08] 2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3] (1.京都大学防災研究所、2.東京大学地震研究所、3.BMKG)

9:45 ~ 10:00

[SVC38-09] 2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について

*大見 士朗[1] (1.京都大学防災研究所地震防災研究部門)

10:00 ~ 10:15

[SVC38-10] 九重硫黄山における火山活動の変化について

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台 (1.気象庁　気象研究所、2.気象庁　福岡管区気象台、3.気象庁 大分地方気象台)

10:15 ~ 10:30

[SVC38-11] 合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1] (1.東京大学地震研究所)

アナク・クラカタウ火山2018年12月22日火山体崩壊・津波イベントの推移

A sequence of volcanic flank collapse and tsunami event on 22 December 2018 at Anak Krakatau volcano, Indonesia

*前野 深[1]、金子 隆之[1]
*Fukashi Maeno[1], Takayuki Kaneko[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Tsunamis were generated at the Sunda Strait, Indonesia, on 22 December 2018 (~21:00 local time), and a disaster (>430 victims) occurred along the coastal area close to Krakatau. As it became clear that the southwest side of Anak Krakatau Island that has continued eruptive activity in recent years had collapsed, the tsunamis are thought to have occurred with the edifice collapse of this volcanic island (PVMBG, 2018). The volume of collapsed material, the process of the collapse event, the tsunami generation and propagation processes, and the relationship between these and the eruption activity are still unclear. Therefore we investigated the sequence of the eruption and tsunami event at Anak Krakatau on 22 Dec 2018 based on satellite images and tsunami numerical simulation. Infrared data of Himawari-8 showed that thermal anomaly has continued since the middle of June 2018 but no specific anomaly signals were detected before the collapse-tsunami event. Then the data showed that the eruptive plume occurred from ~13:50 UTC on 22 December 2018. This time was 40-70 min before tsunami arrival at the coastal areas around Sunda Strait (~14:30-15:00 UTC). The first eruptive plume developed after ~13:50 but soon declined within an hour, then the second eruptive plume developed from ~15:20. It became much higher than the first one and sustained in the next couple of days. Numerical simulation of tsunami and volcanic flank collapse was carried out with the two-layer shallow water model based on non-linear long wave theory that has been developed for the tsunamis generated by gravity flows (pyroclastic flows, debris avalanche, etc.) flowing into the water. It was solved with a finite difference method. Bathymetry data is the same as that used in Maeno and Imamura (2011). The bottom friction coefficient of the gravity current was set to be 0.01 for subaerial condition and 0.06-0.12 for submarine condition. The interfacial drag coefficients between the gravity current and seawater were set to be 0.2. The four cases with different collapsed volumes (0.16, 0.21, 0.26, 0.31 km^3) were examined. The computed tsunami waveforms were compared with tide gauge records (PVMBG, 2018) at representative locations. The most likely initial condition to explain the tide gauge records was the initial collapse volume of 0.21-0.26 km^3. Other parameters don't significantly affect the results. Numerical results also showed that, for all cases, the maximum wave height (>3 m) in the SW coast of Java became higher than other areas. This tendency is consistent with the observational records that the SW coast of Java was more heavily damaged by tsunamis. This is probably because the direction of the collapse was southwestward but the direction of tsunami propagation was gradually changed from SW to S-SE by the effect of bathymetry. We also calculated tsunami travel times and estimated the occurrence time at the source, comparing with tsunami arrival times recorded in the tide gauges. As a result it seems that the tsunamis were caused by 13:54±2 min. We conclude that the collapse occurred almost simultaneously with the small eruption from ~13:50 UTC then followed by the main sustained eruption from ~15:20. In order to determine the timing and mechanism of the collapse event more precisely, it is necessary to further evaluate initial conditions and models as well as to compare with other geological and geophysical data.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火山体崩壊、津波、アナク・クラカタウ
Keywords: volcanic flank collapse, tsunami, Anak Krakatau

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：遠地実体波解析と津波シミュレーション
The 2018 eddifice collapse event of Anak Krakatau, Indonesia: Telseismic waveform analysis and tsunami simulation

*綿田 辰吾[1]、Iyan Mulia[1]、山田 真澄[2]、Dimas Sianipar[3]
*Shingo Watada[1], Iyan E. Mulia[1], Masumi Yamada[2], Dimas Sianipar[3]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学防災研究所、3. TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 3. TIGP-ESS Academia Sinica, National Central University, Taiwan

2018年12月22日UT14時30分頃、インドネシアスンダ海峡周辺のジャワ島・スマトラ島を津波が襲い400名余が犠牲となった。この津波の発生とほぼ同時期にAnak Krakatau火山が噴火し、火山の標高が噴火前後で300mから100mへと低下したと報告されているため、津波は陸上または海中の山体崩壊が引き起こしたと考えられている。噴火直後のSAR画像から南西方向に山頂部を含め山体が崩落し海中に消失している。周辺の検潮記録から、津波の発生は13時58分頃と推定される。インドネシア国内では火山噴火や津波発生時に強い地震の発生の報告はないが、日本を含むインドネシア国内外の広帯域地震計には周期50-100秒の長周期の地震波（S波・レイリー波）が明瞭に記録されている。S波は14時11分に日本の南西諸島へ、14時16分に北海道へ到達している。表面波も14時27分に北海道を通過している。どの地震波も13時56分頃にAnak Krakatau火山付近で長周期の地震波発生イベントがあったことを示している。遠地実体波から震源時間関数は100秒以内（1分程度）であり、スンダ海峡周辺の４観測点の地震波形３成分は、最大5x10^{11}Nの力が、最初に20秒間でほぼ北東方向わずかに上向き、さらに50秒で南西方向に方向でわずかに下向き向きに働いたことで説明できる。力の方向と角度は、Krakatau海底カルデラ外縁部に成長していたAnak Krakatau山体の低角（8度）南西方向へ水深250mのカルデラ底へ崩壊とそれに伴う津波の可能性を指摘していたGiachetti et al. (2012, Geol. Soc. London)　の山体崩壊モデルとほぼ一致する。山体崩壊の質量はEkstrom and Startk (2013, Science) が経験的に求めた陸上地滑りの最大力と質量の比例式から3x10^{11}kgと推定され、山体の密度を2gr/cm^3を仮定すると山体崩壊体積はおよそ0.15km^3となり、検潮記録から推定されている海底地滑りを引き起こした体積0.2km^3とおよそ一致している。

津波を引き起こすような地震が現地では検知されなかったため、津波警報は発令されなかった。一方、津波の発生と共に発生したと考えられる長周期地震波は地震発生イベントの40秒後にはJakartaに到達した。もし今回観測されたような長周期地震動が定常的にインドネシアでモニターされれていれば、Anak Krakatau山体崩壊の早期検知とそれに伴う津波発生の可能性は津波被害発生前に把握できたかもしれない。

キーワード：2018　スンダ海峡　津波、2018　アナク　クラカタウ　火山噴火　山体崩壊、山体崩壊による地震波・津波、海底地滑
Keywords: 2018 tsunami in Sunda Strait, 2018 Anak Krakatau volcano eruption edifice collapse, seismic waves and tsunamis from the edifice collapse, submarine landslide

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年アナク・クラカタウ山体崩壊：近地地震波から求めた地すべりの運動メカニズム
The 2018 edifice collapse event of Anak Krakatau, Indonesia: Landslide movement history estimated from seismic waveforms

*山田 真澄[1]、綿田 辰吾[2]、中道 治久[1]、Mulia Iyan[2]、 Dr. Karyono[3]
*Masumi Yamada[1], Shingo Watada[2], Haruhisa Nakamichi[1], Iyan Mulia[2], Karyono Dr.[3]

1. 京都大学防災研究所、2. 東京大学地震研究所、3. BMKG
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3. Center for Earthquake and Tsunami, BMKG

On December 22, 2018, a huge Tsunami occurred at the Sunda strait in Indonesia, and more than 400 people were killed. There was no large earthquake at that time and the tsunami was associated with the volcanic eruption and edifice collapse in Anak Krakatau island.

The seismic signals due to this event are recorded by the broadband seismic network in Indonesia. There are about 170 broadband stations all over Indonesia, with a spacing 50-100 km. We performed the seismic waveform inversion using long-period component (20-100 s) at the near-field distance (60-200 km), assuming a single force mechanism. We also performed a grid search with 10 km spacing to estimate the location of the source.

Our result shows that the onset of the event was about 14:55:50 (UTC), December 22, 2018. The duration of the source time function is about 1 min with a large amplitude, followed by a smaller signal about a few min. The particle motion of the source time function suggests the event was occurred from northeast to southwest direction with very low dipping angle (about 10 degree). The location of the event was estimated at the Anak Krakatau.

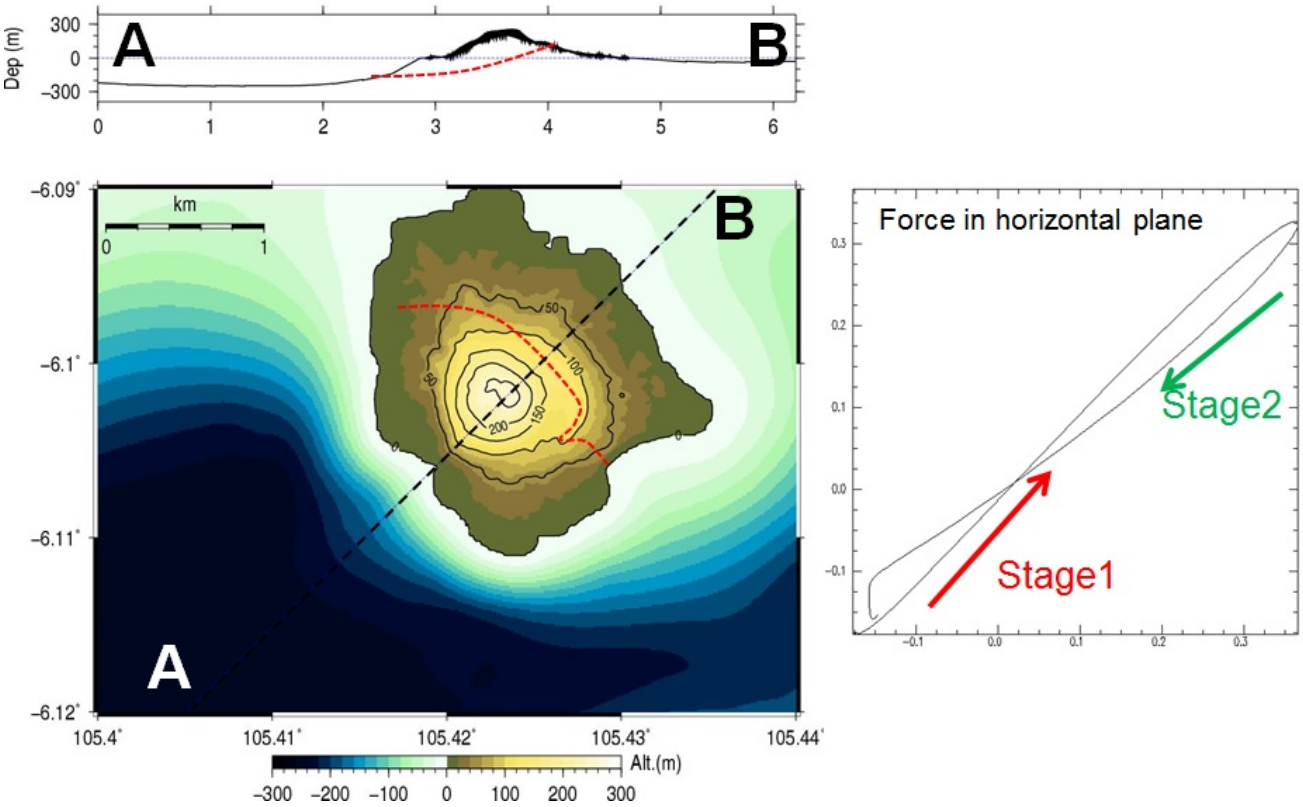
This seismic event was most likely caused by the edifice collapse of the Anak Krakatau. The satellite image shows that the southwest half of the island was subsided after the collapse, and there is a oceanic basin at the depth of 200 m in the southwest of the island, which was the old crater created by the eruption in 1883. These geometries are consistent with the movement history estimated by the seismic waveform inversion.

Based on the scaling relationship between single force amplitude vs mass of the landslide (Ekström and Sterk, 2013), the mass was estimated as 0.2-0.4 * 10^12 kg. This number is consistent with the volume estimated by the tsunami waveform simulation (Maeno and Kaneko 2019; Watada et al., 2019). We think that the edifice collapse was very low-dipping and moved like a landslide, and the mass sliding into the ocean caused the huge tsunami.

The relationship between this landslide and volcanic eruption is still debating, but Center for Volcanology and Geological Disaster Mitigation in Indonesia officially reported the timing of the eruption was 15:03 (UTC). Since the occurrence of the landslide was estimated as 14:55:50, the eruption may be triggered by the landslide, such as the 1980 eruption of Mount St. Helens triggered by the massive landslide.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：アナク・クラカタウ、火山噴火、地すべり、地震波形インバージョン
Keywords: Anak Krakatau, Volcanic eruption, Landslide, Seismic waveform inversion



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年11月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について
Intense Swarm Activity in the Vicinity of Yake-dake Volcano, Central Japan, Started in November 2018

*大見 士朗[1]
*Shiro Ohmi[1]

1. 京都大学防災研究所地震防災研究部門
1. Earthquake Hazards Division, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

１．地震活動の概要

飛騨山脈南部の岐阜・長野県境に位置する焼岳火山の近傍において、2018年11月22日午前から同12月5日頃にかけて群発地震活動が発生した。一連の地震活動は11月22日午前から始まり、翌日11月23日から活発化した後に約10日間にわたり継続し、12月2日頃までにはほぼ終息した（以下、シリーズAとよぶ）。その後12月4日夕方から一時的に焼岳の東側にあたる上高地側で小規模な地震活動がみられた（同、シリーズB）。シリーズAの群発地震活動の震央は焼岳山頂の西約1.5kmから2kmの、深さ（海抜下）3kmから4kmに分布している。これは、2011年3月から4月に発生した群発地震の震源域の南西延長にあたる場所である。12月4日以降に上高地側で発生したシリーズBの地震は焼岳西側のそれに比べて若干震源が深い。その後、2019年1月末に、当初の焼岳西麓よりもさらに西側（同、シリーズC）で、また、2019年2月上旬には焼岳南部の飛騨山脈の稜線下（同、シリーズD）でそれぞれ小規模な地震活動がみられている。

飛騨山脈南部の群発地震活動は、同地域で京都大学が地震観測を開始した1970年代後半以降は、主な群発地震の震源域は互いに重ならず、いわば「棲み分け」をしている傾向が認められ、2018年11月末の焼岳西麓に集中するシリーズAの地震活動もその例外ではない。

また、シリーズAには明瞭な震源移動は認められなかったが、上述のように、シリーズB、C、Dのようにそれぞれ異なる領域で小規模な活動がみられるなど、焼岳の周辺域で地震活動の活発化が認められる。

２．発震機構について

シリーズAの主たる地震の発震機構は、北西-南東圧縮の応力場を示す逆断層タイプのものが多い印象があるが、シリーズBの上高地側での地震にはこの地域では珍しい正断層型の地震が含まれる。また、シリーズCの地震は、観測点分布のためか、発震機構の決定が困難なイベントが散見され、精査が必要である。また、シリーズDのイベントは北西-南東の圧縮場を示すものが支配的にみえる。

２．現地有感地震について

同地域では、気象庁により奥飛騨温泉郷栃尾における震度情報が発表されるが、防災研究所附属地震予知研究センター上宝観測所では、さらに飛騨山脈の脊梁部に近い地域での揺れの状況を把握するために2011年秋から奥飛騨温泉郷中尾地区のDP.YAKE観測点にも強震計を設置して有感地震の観測を継続している。今回の地震活動における、DP.YAKEにおいて現地有感と考えられる地震は11月23日18時から12月16日0時までの期間に合計約340回を数えた。また、11月25日にはDP.YAKEにおいて震度4相当のゆれを観測した地震が3回発生した。なお、12月4日夕方からの上高地側での地震活動の際には15個程度の現地有感地震が観測され、そのうち12月4日22時50分の地震では震度4相当のゆれを観測した。

飛騨山脈南部の脊梁部付近で発生する地震が奥飛騨温泉郷中尾において現地有感になる例は、これまでも2011年3月や2014年5月の群発地震の際にも認められており、今回も同様の現象が観測されていると考えられる。中尾地区では気象庁の公式発表震度よりも有意に大きな揺れが観測されていることがあるので注意が必要

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

である。

３．焼岳の火山活動との関連

焼岳山頂、焼岳中尾峠などに設置してある、温度計、地殻変動、地磁気等の観測データには季節変動以上の異常値は見られず、たとえ変動があったとしても検出限界以下であった。

キーワード：焼岳火山、火山構造性地震、群発地震
Keywords: Yake-dake volcano, volcano tectonic earthquakes, swarm activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

九重硫黄山における火山活動の変化について
Change of the volcanic activity at Kuju volcano.

*森 健彦[1]、谷口 無我[1]、川村 安[2]、平松 秀行[3]、池田 啓二[2]、菅井 明[2]、菅原 道智[2]、髙田 健一[2]、松本 享[2]、気象庁 福岡管区気象台、気象庁 大分地方気象台
*Mori Takehiko[1], Muga Yaguchi[1], Yasushi Kawamura[2], Hideyuki Hiramatsu[3], Keiji Ikeda[2], Sugai Akira[2], Michitomo Sugahara[2], Kenichi Takata[2], Kyo Matsumoto[2], Fukuoka Regional Headquarters Japan Meteorological Agency, Oita Meteorological Office Japan Meteorological Agency

1. 気象庁　気象研究所、2. 気象庁　福岡管区気象台、3. 気象庁　大分地方気象台
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Fukuoka Regional Headquarters, Japan Meteorological Agency, 3. Oita Meteorological Office, Japan Meteorological Agency

九重山では，1995年10月及び翌1996年1月に星生山東山腹（硫黄山付近）で噴火が発生して以後，噴火は発生していない．1995年の噴火後，大学や研究機関及び気象庁による連続的な観測が始まった．地震活動は，硫黄山直下の浅部を震源とする地震の活発な状態が観測されていたが，2005年以後，殆ど発生が見られなくなる．地磁気観測では，1995年以後，硫黄山浅部における冷却化が継続する様子が捉えられ，遠望観測では噴気活動が徐々に衰退する傾向が見られるなど，様々な観測項目から，静穏化する九重硫黄山の火山活動が捉えられていた．

火山活動に変化が見え始めたのは2012年頃からである．まず，九重硫黄山を挟むGNSSの基線長で伸びの傾向が見られ始めた．続いて，地磁気観測において，2014年頃から浅部の蓄熱を示唆する傾向が始まった．噴気活動も2015年頃から緩やかな増加が見られ始め，2016年頃からは地震活動にも僅かな増加傾向が見られている．

1995年の噴火以前，九重山では連続的な観測が行われておらず，噴火に先行する火山活動の推移は得られていない．現在の火山活動の推移が，将来の噴火を示唆する活動であるのかか，判断できる情報が乏しい．しかしながら，観測データを積み重ねていくことは，将来の火山活動予測の一助になるのは確かなことであることからも，我々は地球物理学的観測のみならず，火山化学観測などを加えた多項目の継続した観測によって，九重火山における火山活動の特徴を捉え，火山活動の推移を監視していく．

キーワード：火山活動、地殻変動、地磁気変化、火山ガス、水蒸気爆発
Keywords: volcanic activity, crustal deformation, geomagnetic variation, Volcanic Gas, phreatic explosion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

合成開口レーダーにより観測された有珠山溶岩ドームの収縮: 1992-2017年
Posteruptive Thermoelastic Deflation of Intruded Magma in Usu Volcano, Japan, 1992–2017

*青木 陽介[1]、Xiaowen Wang[1]
*Yosuke Aoki[1], Xiaowen Wang[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Secular ground subsidence at Usu volcano (Japan) has been reported around the eruption vents following the four eruptions in 1910, 1943, 1977, and 2000. However, the mechanisms accounting for the subsidence have not been well understood. In this study, we systematically investigated the posteruptive deformation at Usu volcano using interferometric synthetic aperture radar based on 111 JERS, ALOS-1, and ALOS-2 images acquired from 1992 to 2017. We also calculated quasi east-west and vertical ground displacements between 2006 and 2017. Our results show three localized deformation regions from west to east of Usu volcano with their locations corresponding to the 2000, 1977, and 1943 eruption vents, respectively. All the deformation sites show patterns of east-west contraction and subsidence. The extent and rate of posteruptive subsidence declined dramatically at the vent of the 2000 eruption site from 2006 to 2017, decreased gradually at the 1977 vent, and show a steady pattern for the 1943 site during 1992-2017. We ascribed the observed posteruptive subsidence to thermoelastic contraction of a sphere intruded at the time of the eruptions to constrain locations, depths, and volumes of heat sources with the assumption of the spherical source shapes. Thermoelastic modeling reveals that the heat sources are embedded at shallow depths not deeper than 400 m below sea level with volumes of about (8.72 ±0.19) $\times 10^6$, (132.18 ±5.21) $\times 10^6$, and (49.51 ±2.02) $\times 10^6$ m^3 for the 2000, 1977, and 1943 eruption sites, respectively. The modeling also highlights the importance of underground water in assessing the thermal diffusion process and the associated posteruptive deformation.

キーワード：溶岩ドーム、熱収縮、合成開口レーダー
Keywords: Lava dome, Thermal contraction, InSAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:及川 純、為栗 健

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SVC38-12] ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

*及川 純[1]、田島 靖久[2] (1.東京大学地震研究所、2.日本工営(株)中央研究所)

11:00 ~ 11:15

[SVC38-13] GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1] (1.国土地理院)

11:15 ~ 11:30

[SVC38-14] Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1] (1.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SVC38-15] マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所火山活動研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SVC38-16] 2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2] (1.富山大学、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SVC38-17] 2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2.鹿児島大学総合科学域総合研究学系)

ブルカノ式噴火における噴火微動と火山灰放出量の関係：霧島山新燃岳2018年噴火の場合

Volcanic tremors and ash fall volumes associated with the 2018 vulcanian eruptions of Shinmoe-dake

*及川 純[1]、田島 靖久[2]
*Jun Oikawa[1], Yasuhisa Tajima[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 日本工営(株)中央研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. NIPPON KOEI CO.,LTD.

霧島火山群の新燃岳では，2008年8月～2011年に一連の噴火活動が起こった後，6年の休止期間を経て2017年10月に噴火活動を再開し，2018年3月～6月に噴火活動があった．田島・他（本連合大会）は，2018年3月からの一連の噴火活動において新燃岳降灰調査グループなどによる火山灰調査の結果を用いて，いくつかの噴火によって放出された火山灰量を推定した．本研究は，そのうち，ブルカノ式噴火に着目し，噴火に伴って観測される火山性微動の特徴と火山灰放出量を比較する事により，これらの関係性を調べた．

本研究で使用する噴火微動の地震動データとしては，噴火毎に比較できるようにするため，地震観測点と噴火微動発生源との距離の変化が小さい，地震観測点への降灰や噴石の影響が少ない，などの条件を満たすことを考慮して，新燃岳火口から適当な距離にある東京大学地震研究所霧島火山観測所に設置されている地震計で得られたデータを用いた．田島・他（本連合大会）が火山灰放出量を求める事が出来た６個のブルカノ式噴火に対応する噴火微動について，微動の開始時刻を噴火の発生開始時刻，噴火微動の振幅が十分に小さくなった時刻を噴火終了時刻とした．これを用いて，積算二乗和（波動の積算エネルギーに相当）や微動継続時間（噴火の継続時間に相当）などを求め，火山灰放出量と比較した．例えば図１は，縦軸に火山灰放出量，横軸に微動の積算二乗和をとって両対数で表示したものである．この組合せでは，系統的な変化が見られなくは無いが，ベキ乗則のように単純な関係は見られない．組合せを変えて調べると，火山灰放出量と継続時間に明瞭な関係が見られた．図２は，縦軸に火山灰放出量，横軸に噴火微動の継続時間をとって両対数で示したものである．ベキ乗則が成り立つと仮定すると，火山灰放出量は噴火微動の継続時間の2乗に比例していることになる．

本研究で得られた関係は，あくまでも霧島山新燃岳の2018年に起こったブルカノ式噴火におけるケーススタディとして得られた結果であり，一般的な関係かどうかは，他の火山や，新燃岳の他の時期の調査が必要となるが，ブルカノ式噴火における火山灰放出メカニズムを考える上で，重要な指針になると筆者らは考える．

キーワード：ブルカノ式噴火、火山性微動、火山灰放出量、新燃岳
Keywords: vulcanian eruption, volcanic tremor, ashfall volumes, Shinmoe-dake volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fig. 1

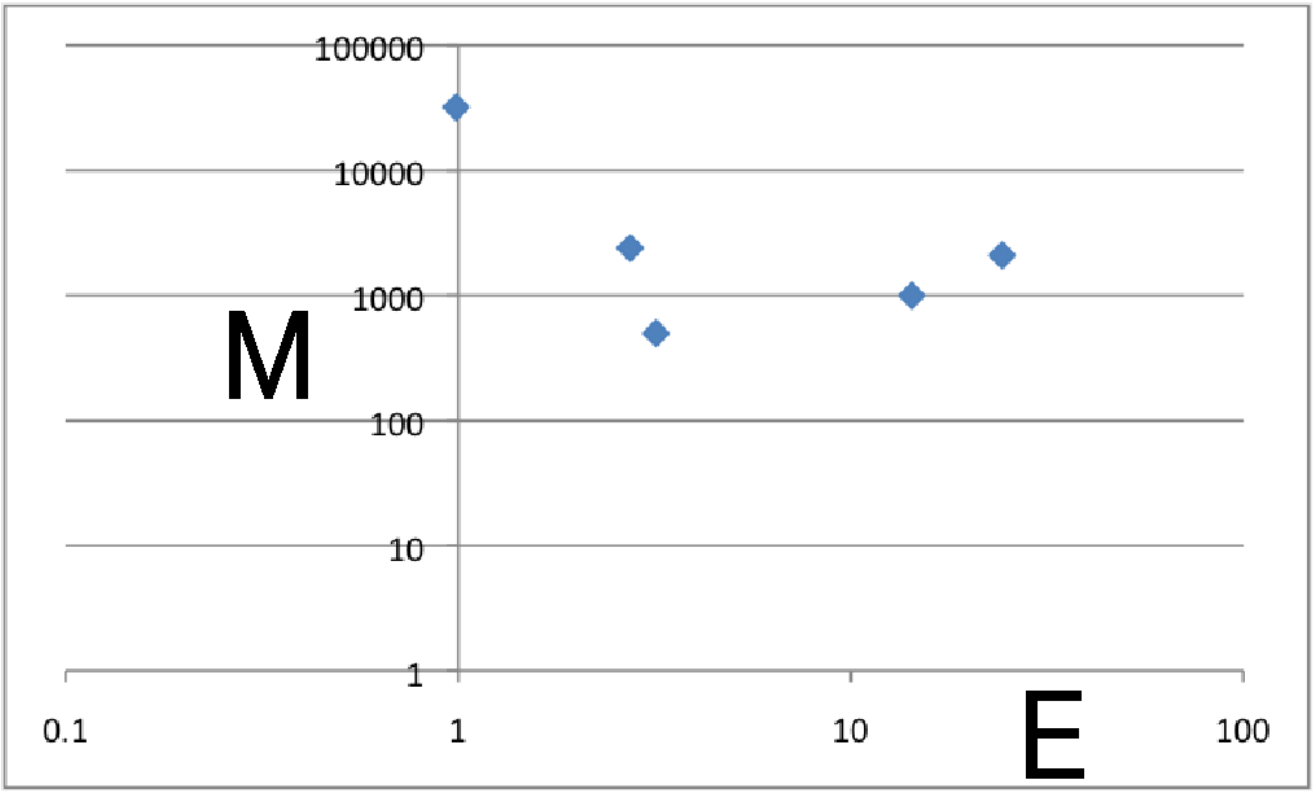
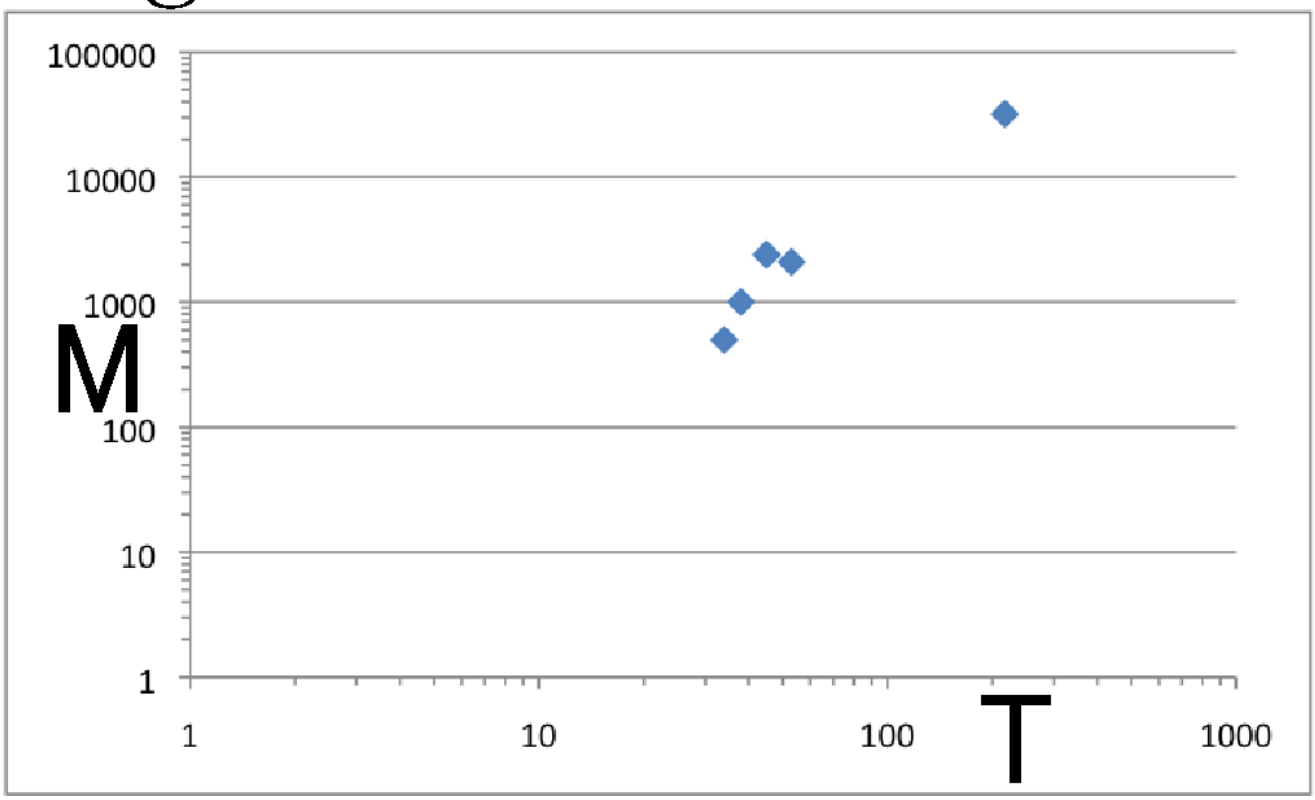


Fig. 2



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GNSSおよびSARで捉えた2018年噴火以降の霧島山周辺の地殻変動
Crustal deformation around the Kirishima Volcano Group detected by GNSS and SAR observation after 2018 eruption.

*矢来 博司[1]、小林 知勝[1]、藤原 智[1]、小林 知勝[1]、宗包 浩志[1]、本田 昌樹[1]、林 京之介[1]、川元 智司[1]、大脇 温子[1]
*Hiroshi Yarai[1], Tomokazu Kobayashi[1], Satoshi Fujiwara[1], Tomokazu Kobayashi[1], Hiroshi Munekane[1], Masaki Honda[1], Kyonosuke Hayahsi[1], Satoshi Kawamoto[1], Atsuko Oowaki[1]

1. 国土地理院
1. GSI of Japan

はじめに

霧島山では、2017年7月以降、国土地理院のGEONETにより霧島山全体を囲む基線で伸びが観測されていたが、2018年3月の新燃岳の噴火に伴い急激な短縮が観測され、その後、再び伸びが観測されている。2011年の新燃岳噴火の際にも同様の地殻変動が観測されており、その際には新燃岳の北西地下約6～7kmのマグマ溜りの膨張・収縮が推定されている（例えば小林ほか，2012）。また、霧島山の北西に位置する硫黄山では、地球観測技術衛星だいち2号（ALOS-2）のSARデータの解析や硫黄山周辺のGNSS観測により硫黄山付近を中心とする膨張性の地殻変動が捉えられていたところ、2018年4月に硫黄山で250年ぶりの噴火が発生した。

このように、地殻変動は、霧島山の火山活動の状況を把握する上で重要な情報である。本研究では、霧島山周辺のGNSS観測点データおよびALOS-2（だいち2号）のSARデータを用い、2018年の新燃岳および硫黄山の噴火以降の霧島山の地殻変動を調査した結果について報告する。

GNSS

国土地理院では、GEONETに加え、火山周辺の地殻変動を詳細に把握するため、気象庁や防災科学技術研究所が火山近傍に設置したGNSS連続観測点のデータを用い、GEONETのF3解と整合する測位解を得る統合解析（畑中、2012）をルーチン的に行っている。本研究ではその統合解析結果を用いて、2018年3月の新燃岳噴火以降の地殻変動を詳細に調べた。その結果、新燃岳噴火に伴った収縮後、引き続き新燃岳を含む霧島山全体が膨張するような地殻変動が継続していることが明らかとなった。2018年9月以降は山体全体にわたる広い範囲での変動は鈍化したが、硫黄山、韓国岳周辺では変動が減衰しながらも継続し、11月以降は硫黄山付近を除いて変動はかなり小さくなった。

SAR

GNSS観測では変動観測の時間分解能は高いものの、観測点を設置した地点の変動しか捉えられないため、空間分解能に限界がある。霧島山周辺の地殻変動を空間的に詳細に把握するため、ALOS-2による2018年5月以降の観測データを用いてSAR干渉解析を行った。その結果、新燃岳周辺、硫黄山周辺での変動が捉えられた。新燃岳では、火口内では溶岩のわずかな膨張が見られているが、火口外では火口を中心とする収縮性の変動が生じていることが明らかとなった。硫黄山では、硫黄山付近を中心として局所的な膨張性の変動が生じている。

これらの変動について、東西両方向からのSAR干渉解析結果を用いて2.5次元解析（Fujiwara et al., 2000）を行い、準東西、準上下方向の変動量を求めた。新燃岳の火口外の収縮性の変動は、火口を中心とした沈降と東西方向の短縮を示している。なお、噴火以前の2017年までのデータを用いた干渉SAR時系列解析では、火口外では火口を中心とする膨張性の地殻変動が捉えられており（矢来ほか、2018、JpGU、森下・小林、2018、火山）、それとは逆向きである。硫黄山付近の局所的な膨張性の変動については、硫黄山のやや西を中心として隆起しており、隆起量は約7ヶ月で約5cmに達していることが明らかとなった。隆起域は数百

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

m程度の範囲であり、変動源は地下浅部に位置すると考えられる。

解釈
GNSS及びSAR観測により、霧島山全体の変動、新燃岳や硫黄山周辺の変動が明らかとなった。変動の空間分布、時間変化等から、変動源は複数存在すると考えられ、山体全体に変動を及ぼす地下深部の変動源、硫黄山付近の浅部の変動源に加え、硫黄山や韓国岳周辺に変動を及ぼすようなやや深い変動源や、新燃岳火口直下の浅部に変動源が存在する可能性がある。今後、変動源についても考察を進める予定である。

（謝辞）SAR解析で用いたデータは、国土地理院と宇宙航空研究開発機構（JAXA）間の協定に基づき提供されたものです。また、使用したデータの一部は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

キーワード：霧島山、新燃岳、硫黄山、地殻変動、GNSS、SAR
Keywords: Kisihisma volcano Group, Shinmoe-dake, Iwo-yama, crustal deformation, GNSS, SAR

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Harmonic tremor during 2011 eruption at Shinmoedake, Japan

*武尾 実[1]
*Minoru Takeo[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Volcanic tremor is a continuous seismic signal that is observed near active volcanoes and is often accompanied by evidence of subterranean movement or pressure fluctuation due to a physical or chemical process inside the volcano. However, the source of volcanic tremor is still poorly understood. Most existing tremor’ s models, except for Julian’ s nonlinear channel flow model (Julian, 1994), consider an acoustic resonance in the magma channels, but mechanism to excite this resonance has not been identified until now.

During 2011 eruption at Shinmoedake, Japan, we observed a series of volcanic tremors including harmonic tremor which exhibits a set of narrow, evenly spaced frequency peaks. Natsume *et al.*(2018) perform non-linear time-series analysis on a harmonic tremor recorded near the crater. They found that the stable oscillation of the harmonic tremor is predominantly a limit cycle, implying that the harmonic tremor is generated by self-sustained oscillation. In this paper, I propose a new model of harmonic tremor and reproduce the topological characteristics of observed harmonic tremor using the new model. I formulate a lumped-parameter model of incompressible viscous fluid flow through a partially constrictive path, which seems to be realistic modeling in a shallow part of conduit. I consider inertias and resistances in the upstream and in downstream pipes. The upstream pipe is connected to a large chamber with pressure of Po. Lengths and radiuses of the pipes and the constrictive path could be set flexibly in this model. This model leads to a third-order system of nonlinear ordinary differential equations with functions of area of throat, fluid velocities in upper stream and in downstream. The equations of the model are as follows:
Mass conservations in upstream and in downstream of the constricting path; Conservation of momentum in upstream and in downstream of the constricting path; Equations of motion in upstream pipe and in downstream pipe; Elastic law of the constrictive path;
Typical frequency of the harmonic tremor is 1~2Hz and the wavelength seems to be hundreds meter, so these signals were recorded within a distance of one wavelength, being little affected by wave propagation. Therefore, assuming that these observed signals represent only linear transformations of one parametric function of the nonlinear tremor model, we can compare topological characteristics of observed and simulated signals to evaluate validity of the new model. When the resistance of downstream is larger than that of upstream, a self-sustained oscillation starts in a suitable parameter range. For different driving pressure (Po), numerical solutions exhibit steady flow, simple limit-cycle oscillation, limit-cycle oscillation with double-loops or with quadruple-loops, and a chaotic oscillation. Changing Po in time, I succeed in simulating a harmonic tremor which has same topological characteristics with the observed harmonic tremor in several portions of time series (see Figure 1).

キーワード：火山性微動、非線形振動、カオス
Keywords: volcanic tremor, nonlinear oscillation, chaos

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

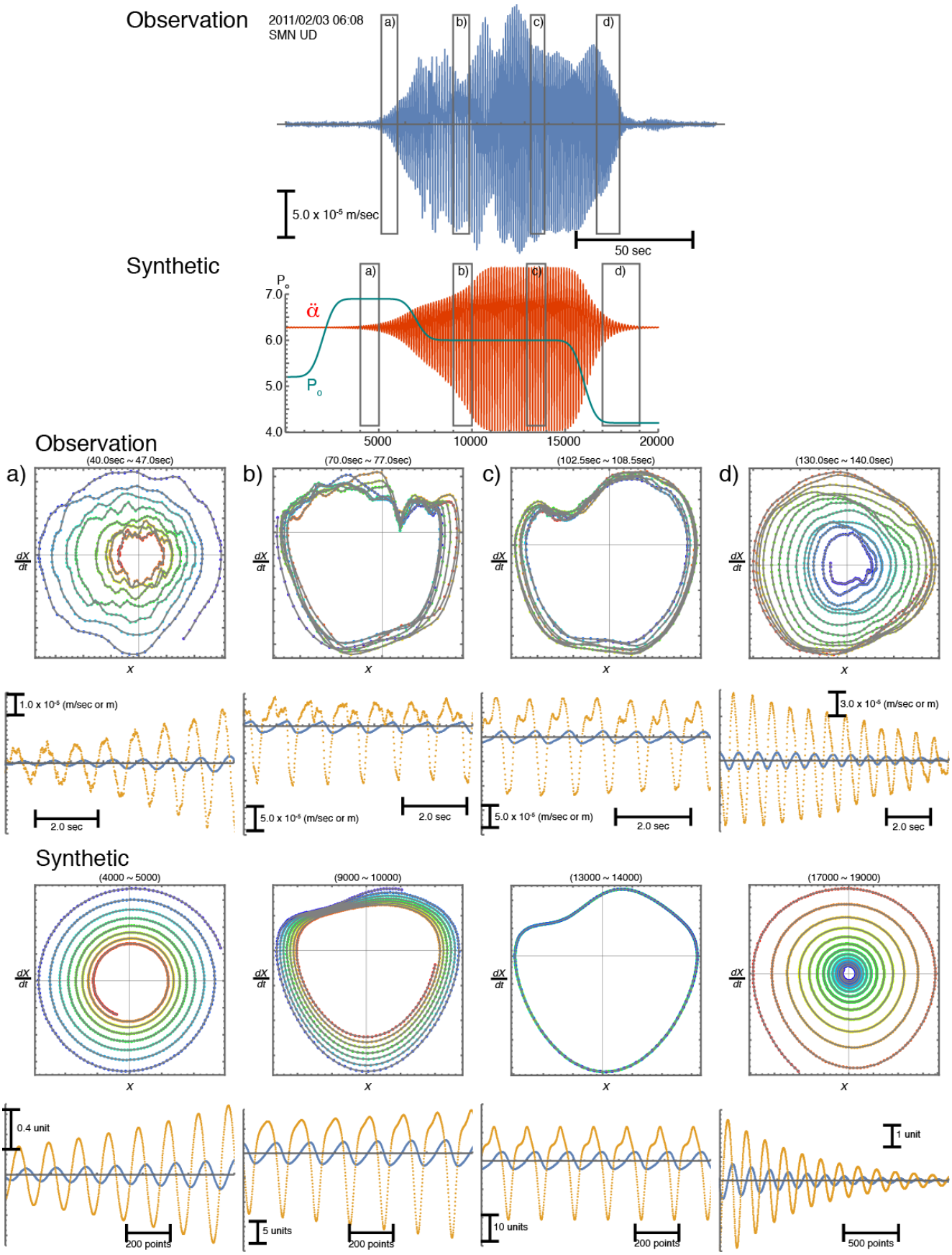


Figure 1

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグマ貫入速度による桜島火山における噴火事象分岐論理
Forecasting Volcanic Eruption of Sakurajima Volcano Based on Magma Intrusion Rate

*井口 正人[1]、為栗 健[1]、平林 順一、中道 治久[1]
*Masato Iguchi[1], Takeshi Tameguri[1], Jun-ichi Hirabayashi, Haruhisa Nakamichi[1]

1. 京都大学防災研究所火山活動研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In order to find an empirical event branch logic from abnormal phenomena to following volcanic activity for forecasting scale and type of eruption, the magma intrusion rate prior to eruptions of Sakurajima volcano is examined using ground deformation mostly from observation data and partially based on legends, for eruptions after the 20th century: the 1914 eruption starting with plinian eruption followed by effusion of lava, the 1946 eruptions with lava effusion, eruptions at the summit crater of Minamidake during the period from 1955 to 2005, and vulcanian eruptions at Showa crater east of the summit from 2006 to 2017. Prior to the 1914 eruption, it is estimated that the magma intrusion rate attained a level of approximately 10^8 m^3/day and was on the order of 10^6 m^3/day during the effusion of lava in the 1946 eruption. During the eruptive period of Minamidake summit crater, three types of eruption occurred: vulcanian eruption, strombolian/lava fountain and continuous emission of volcanic ash. In cases of intrusion of magma forming a new conduit, the intrusion rate immediately before the 1914 eruption exceeded 10^8 m^3/day, but only 10^6m^3/day in the dyke-forming event of August 15, 2015. Magma intrusion rate into a pre-existing conduit prior to eruptions at Minamidake summit crater are ordered as follows: vulcanian eruption ($1x10^5$ to $8x10^5$ m^3/day) > continuous emission of volcanic ash (approximately $1x10^5$m^3/day) > strombolian/lava fountain ($0.2x10^5$ to $2x10^5$ m^3/day). The magma intrusion rate prior to vulcanian eruptions at Showa crater is smaller (approximately 10^4m^3/day) than for eruptions at Minamidake summit crater. However, the rate reached an order of 10^5m^3/day prior to lava fountain on August 22, 2017. Magma intrusion rates well correspond to the scale and type of eruption. In the case of magma intrusion under detection, the change of volcanic gas and increase in the heat discharge rate are available for the empirical event branch logic.

キーワード：マグマ貫入速度、桜島、火山性地震、ブルカノ式噴火、ストロンボリ式噴火、プリニー式噴火
Keywords: magma intrusion rate, Sakurajima, volcanic earthquake, vulcanian eruption, strombolian eruption, plinian eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2017年の南岳爆発に前後する傾斜ひずみ変化
Tilt and strain change before and after the explosion at Minami-dake, Sakurajima, in 2017

*堀田 耕平[1]、井口 正人[2]
*Kohei Hotta[1], Masato Iguchi[2]

1. 富山大学、2. 京都大学防災研究所
1. University of Toyama, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

A deformation source associated with each eruption at Sakurajima have been estimated beneath Minami-dake [Ishihara, 1990; Iguchi et al., 2013]. Deformation sources for mid-long-term magma intrusion event were estimated beneath Aira caldera, Kita-dake and Minami-dake; and the deformation source beneath Kita-dake was found to act as a buffer of mid-long eruptive activity at Sakurajima [Hotta et al., 2016].

On November 13, 2017, an explosion with an infrasound occurred at Minami-dake at 22:07. Ground deformation was accompanied and kept for approximately five hours. For the period of 22:07–22:10 (period I), a large strain change at Arimura observation tunnel, which is the nearest tilt/strain station from Minami-dake crater and operated by Ministry of Land Infrastructure, Transport and Tourism, was detected whereas no significant change in tilt/strain was detected at other tilt/strain stations. For the period of 22:10–22:50 (period II), tilt/strain change was detected at all tilt/strain stations associated with violent eruptive activity. At around 23:00, style of eruption shifted from Vulcanian to Strombolian. For the period of 22:50–3:00 of the next day (period III), a pattern of tilt change at Japan Meteoritical Agency (JMA)-A station, which located on western area of Sakurajima, and tilt/strain gradually stopped.

We modeled the detected tilt/strain change using a finite spherical source model [McTigue, 1987]. Because of the poor constraint of the radius of the source, we assumed the radius of the source as 20 m for period I and 200 m for periods II and III. A shallow deflation source was located at a depth of 0.1 km above sea level beneath Minami-dake for period I. A deeper deflation source was located at a depth of 5.9 km below sea level beneath Minami-dake for period II. Then, a deflation source was located at a depth of 5.9 km below sea level beneath Kita-dake for period III. Deformation sources beneath Minami-dake for periods I and II are corresponding to the deformation sources previously found for each eruption at Sakurajima. Meanwhile, the deformation source beneath Kita-dake for period III is corresponding to the deformation source beneath Kita-dake which was found during mid-long eruptive activity. Each eruption at Sakurajima revealed to cause deflation of not only Minami-dake source but also Kita-dake one, which considered to repeat inflation/deflation during mid-long eruptive activity at Sakurajima. Temporal development of deflation accompanied by the eruption on November 13, 2017, will be revealed in our future study.

キーワード：桜島火山、南岳爆発、地盤変動、傾斜ひずみ
Keywords: Sakurajima Volcano, Explosion at Minami-dake, Ground deformation, Tilt and strain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年6月16日桜島南岳の噴火に伴う火砕流について
Pyroclastic Flow Accompanied with an Eruption on June 16, 2018 at Sakurajima Volcano

*為栗 健[1]、井口 正人[1]、真木 雅之[2]、中道 治久[1]、味喜 大介[1]
*Takeshi Tameguri[1], Masato Iguchi[1], Masayuki Maki[2], Haruhisa Nakamichi[1], Daisuke Miki[1]

1. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター、2. 鹿児島大学総合科学域総合研究学系
1. Sakurajima Volcano Research Center,Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Research Field in Integrated Studies,Kagoshima University

桜島火山では1955年以降、山頂火口においてブルカノ式と呼ばれる爆発的噴火を繰り返している。東側山腹の昭和火口では2006年に58年ぶりに噴火が再開し、2009年以降は特に噴火活動が活発化していた。2018年以降は昭和火口から南岳山頂火口に噴火活動が再度移行している。爆発的噴火の特徴として、火山弾の放出、衝撃波の発生、急激な火山灰や火山ガスの放出が上げられる。他にも、頻度は少ないものの南岳山頂火口や昭和火口の爆発的噴火では小規模な火砕流の発生が上げられる。火砕流は高温の火砕物や火山ガスが山腹斜面を高速で流れ下るもので、火山噴火の中で最も危険な現象の一つであり、火山防災上、その発生予測は必要不可欠である。

1967年以降～1985年の間に南岳山頂火口における噴火に伴い７回の火砕流が確認されている（加茂・石原，1986）。さらに、気象庁によると2006年～2014年に昭和火口の噴火に伴い37回の火砕流発生が報告されている。いずれの火砕流も流下距離は2km未満で小規模なものであった。活発な噴火活動を続ける桜島であるが、火砕流はすべての噴火に伴うわけではなく、同規模の噴火でも火砕流が発生しない場合が多く、桜島における火砕流発生メカニズムの解明には至っていない。今後、噴火活動が活発化した際には大規模な火砕流の発生も考慮する必要があり、火砕流を伴う噴火の発生メカニズムの解明と噴火の前兆現象から火砕流が発生した場合の規模予測をすることが重要である。本研究では2012年～2018年に昭和火口で発生した火砕流、および2018年6月16日に南岳山頂火口において発生した爆発的噴火に伴う火砕流について前兆地震活動や地盤変動データの特徴を明らかにする。また、観測される前兆地震や地盤変動から火砕流が発生した場合の流下予測が可能かについて検証を行う。

6月16日に発生した南岳山頂火口における爆発的噴火では噴煙高度4700mに達した。噴石が6合目まで飛散し、火砕流が南西方向に1.3 km流下した。噴火の発生約18時間前から地盤の膨張が観測されていた。噴火の1時間ほど前から散発的に前駆地震が発生していたが、昭和火口の噴火の際に観測される前駆地震と比較するとあまり明瞭な群発活動ではなかった。噴火時の映像から火砕流は噴煙が上昇し始めた約1分後に噴煙柱の根元から降下した噴出物が斜面に流れ下って発生していたことが分かる。火砕流は噴火と同時に発生しているわけではなく、これは南岳活動期に発生していた火砕流と同じ特徴を持っている（加茂・石原，1986）。噴火による地盤変動の収縮量から噴出物量は28万m3と推定される。それら噴出物の全てが火砕流となるわけではなく、火山灰として飛散していくものもある。地盤変動の膨張量から噴火による噴出物量の予測は可能であるが、火砕流の流下予測を行うためには斜面を流下する噴出物量を推定する必要がある。気象レーダーを使用した空中に放出された火山灰量の測定や降下火山灰の実測値などから火砕流となった噴出物量の推定を行うことが可能である。これにより前兆現象である地盤膨張量から火砕流発生時の最大流下距離の予測を行う。

キーワード：桜島火山、火砕流
Keywords: Sakurajima volcano, pyroclastic flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:青山 裕、三浦 哲

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SVC38-18] 十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2] (1.北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2.気象庁)

14:00 ~ 14:15

[SVC38-19] 火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、西村 太志[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.フィレンツェ大学地球科学科、3.メキシコ国立自治大学、4.GFZ-German Research Centre for Geosciences)

14:15 ~ 14:30

[SVC38-20] ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5] (1.東北大学大学院理学研究科、2.北海道大学理学院、3.気象研究所、4.防災科学技術研究所、5.フィレンツェ大学)

14:30 ~ 14:45

[SVC38-21] Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1]、Takeshi Nishimura[1]、Hisashi Nakahara[1] (1.Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University)

14:45 ~ 15:00

[SVC38-22] Field survey report on Zao Volcano (2012−2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2] (1.東北大学東北アジア研究センター、2.東北大学大学院環境科学研究科、3.東北大学災害科学国際研究所、4.金沢大学環日本海域環境研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SVC38-23] 蔵王山の2015年膨張イベント

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

十勝岳の火口近傍でとらえられた力学現象
Ground deformation observed at the crater area of Tokachidake volcano

*青山 裕[1]、橋本 武志[1]、田中 良[1]、大島 弘光[1]、齋藤 公一滝[2]、道下 剛史[2]、奥山 哲[2]、札幌管区気象台 地域火山監視・警報センター[2]
*Hiroshi Aoyama[1], Takeshi Hashimoto[1], Ryo Tanaka[1], Hiromitsu Oshima[1], Koichiro Saito[2], Tsuyoshi Michishita[2], Satoshi Okuyama[2], Volcanic Observation and Warning Center Sapporo Regional Headquarters[2]

1. 北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター、2. 気象庁
1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Japan Meteorological Agency

火山体の浅い部分に熱水系が発達する活動的な火山は，いずれも水蒸気噴火の危険性を秘めている．しかし，長い噴火休止期の中でまれに発生する水蒸気噴火を対象とした観測研究を継続することは難しく，噴火休止期における火山活動の振る舞いや噴火にむけた準備過程についての研究報告は極めて乏しい．我々は噴火休止期にも活発な噴気活動が続いている十勝岳を観測研究対象とし，2014年頃から火口近傍における観測施設の強化を進め，熱水系の活動を反映すると思われる現象の把握に努めてきた．

十勝岳は，1926年，1962年，1988年とマグマ噴火を繰り返した活動的な火山である．これらのマグマ噴火に先行して，数年前から水蒸気噴火の発生が確認されている．最近30年は本格的な噴火がないものの，2006年頃から62-2火口周辺を中心とする長期的な膨張変動が見られるようになり，火口域西側の小ピークである前十勝は2017年末頃までに累計で50cm以上も移動した．加速と停滞を繰り返しながら10年以上続く変動は，口永良部島の噴火活動前に観測されてきた山体膨張の様式と極めて似ている．この膨張性の地殻変動と同期するように，62-2火口直下を変動源とする消磁傾向も続いてきた．

火口近傍における繰り返しGNSS観測から，62-2火口近傍および大正火口近傍を膨張変動の中心とするような変動期の存在が示唆された．これら2カ所に等方膨張源を仮定して変動ベクトルの時間変化を解析したところ，2つの膨張源はそれぞれが変動速度を変えながらも，全体としてはほぼ一定の変化率で膨張していたことが明らかになった．想定される変動源が極めて浅く，62-2火口底からはしばしば熱泥水の噴出が確認できることから，この膨張変動は浅い部分の熱水系の力学的応答を反映していると考えられる．

2017年末から2018年初めに，10年以上継続してきた膨張変動が停滞もしくは収縮に転じたことがGNSS観測やInSAR解析から明らかになった．ほぼ時期を同じくして，62-2火口直下の消磁傾向を示してきた全磁力データにも変化が認められた．また，62-2火口南側の富良野川に面した振子沢噴気孔群では，2017年頃から地熱域の拡大や噴気量の増大が報告されている．

このような状況の中で，2018年5月下旬から一時的に火山性地震や微動の発生頻度が高まった．活動の転機となった5月29日の微動は，以前にも報告してきた火口方向のステップ的な沈降を示す傾斜変動を伴っていた．そこで，2016年に新設した前十勝西観測点（火口西方約650m）の2018年1月以降の傾斜計記録を目視で精査した．その結果，3月下旬頃まではステップ的な傾斜変動イベントが少なかったものの，それ以降は発生頻度が増加し，5月29日を境にさらに発生頻度が増大していたことが明らかになった．8月末までに計117回の傾斜イベントが抽出され，3月末までに10回，4-5月に30回，以後8月までに77回となっている．傾斜イベントは総じて火口方向下がりのステップ的変化を示すが，個々のイベントの波形を丁寧に調べると，先行相が認められるもの，膨張ー収縮のパターンを示すもの，数分以上の緩やかな変化を示すもの，VLP的な震動を伴うものなど変化に富んでいる．117回の傾斜イベントについて，前十勝西観測点における傾斜変動ベクトルの方向を調べると，90%程度がN120−135°Eの沈降変動を示すことが分かった．活動変化のきっかけとなった5月29日のイベントについて，前十勝西観測点以外の傾斜変動データも利用して等方膨張ソースを仮定した予備的解析を行ったところ，62-2火口やや南方の標高1300m付近に130m^{3}程度の体積収縮を想定すれば観測データをおよそ説明できることが分かった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

12月7日と18日には，2時間ほど数秒おきに相似地震が繰り返すという，特徴的な群発地震が認められた．イベントの規模が小さく通常の震源決定は難しいが，おおよその到着時差や震幅分布から，62-2火口近傍の浅い地震と推定される．7日の地震活動について波形相関でイベント抽出を試みたところ，400近いイベントが同定された．単なる相似地震群ではなく，発生間隔にも規則性が見られる．18日の活動は7日の活動に比べて地震の規模は小さいが，主要なイベントについて7日の地震群と波形を比較すると，比較的後続相まで類似の波群が認められることから，震源位置，発震機構ともに似たような現象が繰り返されたものと考えられる．

最近までの浅い活動を総括すると，10年以上にわたって続いてきた膨張や消磁傾向が停滞するのにあわせて，地熱域の拡大や噴気量の増大が見られるようになった．収縮変動が本格化した頃にステップ的な収縮変動を伴う地震・微動イベントが増加した．山体収縮には大きく2つの可能性が考えられ，1つは深部からの熱水供給量の減少，もう1つは放出量の増大による供給・放出バランスの変化である．深部からの供給量についての議論は難しいが，噴気域の拡大や噴気量の増加，傾斜イベントの増加は後者の可能性を強く示唆している．

キーワード：火山、地震、地殻変動、熱水系、水蒸気噴火
Keywords: Volcano, Earthquake, Crustal Deformation, Hydrothermal System, Phreatic Eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火口極近傍観測に基づくストロンボリ火山の超長周期地震のモーメントテンソルインバージョン

Moment tensor inversion of very-long-period seismicity at Stromboli volcano based on a very-near-field observation

*杉村 俊輔[1,2]、Maurizio Ripepe[2]、Giorgio Lacanna[2]、Denis Legrand[3]、Sébastien Valade[4]、西村 太志[1]
*Shunsuke Sugimura[1,2], Maurizio Ripepe[2], Giorgio Lacanna[2], Denis Legrand[3], Sébastien Valade[4], Takeshi Nishimura[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. フィレンツェ大学地球科学科、3. メキシコ国立自治大学、4. GFZ-German Research Centre for Geosciences
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Department of Earth Sciences, University of Florence, Italy, 3. UNAM University, Mexico, 4. GFZ-German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

In recent decades, moment tensor inversion of very-long-period (VLP, 2-100 s) earthquakes associated with explosive/non-explosive activities has been applied to estimate the optimal source location and mechanism. Source mechanism of VLP associated with explosions at Stromboli volcano has been interpreted as the pressure source of opening/closing cracks embedded in the volcanic medium (Chouet et al., 2003). However, the nearest temporal station is 300 m away from the craters so that the source mechanism might have not been constrained well to discuss the detail processes of the magma motion in the conduit. In this study, we analyze broadband seismic data observed in the very-near-field condition, only 100-300 m away from the active craters, to obtain a more precise source mechanism solution.

We use the seismic data recorded at eight broadband seismic stations including temporary and permanent networks. Infrasonic array analyses show that the explosive eruptions mostly occurred at the north-east (NE) crater during the observation period in the end of September 2016. We apply a moment tensor inversion method to VLP (0.05-0.2 Hz) signals associated with the largest explosion occurring at the NE crater. The result shows that the optimal centroid is located at 200 m southwest of, 160 m beneath the NE crater. The source mechanism is greatly dominated by the vertical component of the moment tensor (Mzz), although the polarity inverts with other two diagonal components (Mxx, Myy). The squared error between the observed and synthetic waves (Ohminato et al. 1998) is only 11%.

We note that the squared errors less than 20 % are widely distributed around the optimal location: 300 m ×300 m in horizontal distances and 250 m in the vertical direction. For example, the solution obtained at a depth of 160 m beneath the NE crater shows the error of 18 %, which is within the confidence interval 95 % range of the residual at the optimal location. At this location, the inverted source mechanism is dominated by three diagonal components with a same polarity. This is much different from the best solution.

To examine why such different source mechanisms are obtained for nearby source locations, we calculate a model resolution matrix using the Green’s functions computed from a point source at the optimal location and investigate how well the moment tensors can be resolved. The minimum singular value in the model resolution matrix is assumed to be 2.1 % of the maximum. We replace this value with zero and consider the pseudoinverse. The model resolution matrix for the pseudoinverse shows that the resolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

of the diagonal components of moment tensors is lower than deviatoric ones. This suggests that the amplitudes of diagonal components are not well constrained from the moment tensor inversion even using near-by stations in our temporal observations. These results will be indispensable for discussing the spatial distribution of the volumetric change in the conduit or magma chamber accompanying the explosions.

キーワード：モーメントテンソルインバージョン、震源メカニズム、超長周期地震、ストロンボリ火山、very-near-field、モデル分解能行列
Keywords: moment tensor inversion, source mechanism, VLP, Stromboli volcano, very-near-field, model resolution matrix

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定
Pressure source estimation of tilt changes associated with small explosions at Stromboli volcano

*石川 歩[1]、西村 太志[1]、青山 裕[2]、川口 亮平[3]、藤田 英輔[4]、三輪 学央[4]、山田 大志[4]、Ripepe Maurizio[5]、Genco Riccardo[5]
*Ayumu Ishikawa[1], Takeshi Nishimura[1], Hiroshi Aoyama[2], Ryohei Kawaguchi[3], Eisuke Fujita[4], Takahiro Miwa[4], Taishi Yamada[4], Maurizio Ripepe[5], Riccardo Genco[5]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 北海道大学理学院、3. 気象研究所、4. 防災科学技術研究所、5. フィレンツェ大学
1. Graduate school of science, Tohoku university, 2. Faculty of science, Hokkaido university, 3. Meteorological Research Institute, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. University of Florence

イタリア国・ストロンボリ火山の山頂火口群におけるストロンボリ式噴火（小爆発）は,表面現象観察や空振・地震観測などに基づく多項目観測が実施され, 現在, 噴火現象が最もよく調べられている火山の一つである. しかしながら, 測地観測は火口から500m～1 kmほどにやや離れたフィレンツェ大学の傾斜計3点のみで, マグマダイナミクスの理解に最も重要な浅部マグマ溜まりによる火山性圧力源の位置は不明なままであった. そこで, 我々は, 2014年5月末に山頂火口極近傍に臨時傾斜観測点を3点追加し, 小爆発に伴う大量の傾斜変動記録を得た. 今回, 3次元静的有限要素法を用いて山体地形を考慮した傾斜変動を計算し, マグマが火口直下まで到達していた期間に発生した小爆発に伴う傾斜変動をもたらす標準的な圧力源の位置と大きさを推定する. また, 表面現象観測から推定された噴出量と本研究で推定した圧力変化量とを比較し, マグマ供給過程を議論する.

臨時観測点CPL, PZZ, RFRは火口近傍約500 m以内にあり, 傾斜計Applied Geomechanics 701-2Aを設置した. 定常観測点LFS, OHO、LSCはフィレンツェ大学が運用し, 傾斜計Pinnacle 5000Tが設置されている. このうちLSCは遠方で十分な信号が得られなかったので, 残りの5観測点で連続収録された7月1日から7月15日までの傾斜記録を解析対象とした. 山頂小爆発の傾斜信号を抽出するために傾斜データにフィルタ処理を施すと, Genco and Ripepe（2010)が報告したような小爆発に前後して火口方向が隆起沈降する現象が見られた. 一連の傾斜変動を, 小爆発発生に数百秒程度先行する緩やかな隆起現象（A）, 小爆発直前・直後に数秒から数十秒程度で起こる短期的隆起（B）及び短期的沈降現象（C）, その後の小規模な隆起（D）の4現象区分に分類した. 680個の傾斜変動イベントを抽出し, （A）-（C）について傾斜方向と傾斜変動量を調べた.

（A）-（C）の3現象区分ごとに, 傾斜方向と傾斜変動量それぞれの頻度分布の中央値で表現した傾斜ベクトルを観測量とした. 本研究では, 傾斜変動の理論計算に有限要素解析ソフトウェアCOMSOL Multiphysics を使用した. ストロンボリ火山の数値標高データ（10 mメッシュ）を用いて計算領域を構成し, 山体内部に仮定した楕円体表面に一定圧力を与えた場合の傾斜変動を求めた. 楕円体の位置は、（1）山頂火口群直下付近, あるいは（2）山頂火口群から200 m程度北西にあるVLP震源位置付近（Chouet et al., 2003）に仮定した. 楕円体の大きさや形状を変化させながら傾斜ベクトルを計算し, 3現象区分の観測傾斜ベクトルを平均的に説明できる圧力源を探索した. その結果, （1）（2）の位置に球状圧力源などの単純な形状の圧力源や,（2）の位置にVLPの震源メカニズムを模した回転楕円体の圧力源を仮定した場合, 観測された傾斜ベクトルをうまく説明できない. 一方, （1）の山頂火口群直下の標高400 m（深さ約400 m）を中心とする幅300 mと150 m, 高さ600 mの楕円体をやや傾けた圧力源は、5観測点の傾斜方向をよく説明できることが分かった. また, 傾斜変動量から圧力変動量は1 kPa程度と求められた.

本研究で推定した圧力源は, 2007年山腹噴火に伴う溶岩流出の噴出量及びその時間変化の解析から推測される火口直下の浅部マグマ溜まり（Ripepe et al., 2015) の大きさや位置と概ね一致する. また, 小爆発に先行する緩やかな隆起（A）における圧力変化量と, 推定される火道半径及びマグマ密度をもとに, 一回の小爆発の際に火道内に供給されるマグマの量を計算したところ, 表面現象観測により推定された1回の小爆発による噴出量（～5 m^3）と同程度と見積もられることが分かった.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ストロンボリ式噴火、傾斜変動、有限要素法
Keywords: Strombolian eruption, Tilt, FEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismic and acoustic waves excited by volcanic explosion: analyses of energy ratio and source spectra

*Mohammad Hasib[1], Takeshi Nishimura[1], Hisashi Nakahara[1]

1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

Volcanic eruptions generally accompany both seismic and acoustic signals, and these signals are used to understand volcanic fluid motions in the conduit and/or its effusion process from active vents. In the present study, we compare these two kinds of signals observed at three volcanoes in Japan, systematically examining the temporal changes of radiated energy. We further examine the basic spectral characteristics of seismic and acoustic signal radiations during large and small Vulcanian explosions at Sakurajima volcano. We use seismic and acoustic records at seismic-acoustic stations operated by Japan Meteorological Agency (JMA).

We first examine the energy ratio between seismic and acoustic signals of volcanic explosions at Sakurajima, Kirishima, and Kuchinoerabu-jima volcanoes. We calculate the time series of energy ratio of acoustic signals to three-component seismic signals by calculating their envelopes at the frequency band of 1-5 Hz. To obtain averaged characteristics, we stack the energy ratios of seismic and acoustic signals of about 900 explosions at Sakurajima and 8 explosions Shinmoe-dake (Kirishima) volcanoes, respectively. We analyze only one eruption at Kuchinoerabu-jima. The results at Sakurajima and Shinmoedake (Kirishima) show the following characteristics in the temporal changes: the ratio of seismic energies to acoustic energies rapidly decreases at the beginning and reaches the minimum in about 10 s -20 s; then the ratio gradually increases for 20 s - 40 s; the seismic signals continue after the acoustic energy decreases down to the noise level. Although we can analyze one eruption data for Kuchinoerabu-jima volcano (18 December 2018), similar characteristics are recognized. These results suggest that the volcanic fluid motions are strong in the shallow parts in the beginning, and the active zone gradually becomes deep.

Next, we investigate the source spectra of acoustic signals of volcanic explosions. Applying the spectral ratio method that has been often used for seismic signals, we clarify the difference of source spectra between large and small acoustic signals. We stack the spectral ratios of acoustic signals according to their maximum amplitudes, and classify them into Classes IV, III, II, and I from the largest to the smallest. The maximum amplitude of the largest event is about 10 Pa, while the smallest is about 2.5 Pa. Since the wind around the volcano may disturb the wave propagations, we only select the acoustic signals excited by volcanic explosions occurring during a low wind speed (< 3.3 m/s) condition, using the assimilation wind data recorded by ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). We observe that the spectral ratios of acoustic signals are similar among different stations both for direct and coda waves. This means that the spectral ratio method is applicable for the acoustic signals of volcanic explosions during low wind speeds. All pair of the observed source spectral ratios of acoustic signals (Class IV/I, III/I, II/I) are characterized by almost flat amplitudes at the frequency range of about 0.2 -10 Hz. The difference between the classes is the amplitude. This characteristic is much different from the seismic signals excited by Vulcanian explosions (Hasib et al., 2018), in which a flat amplitude at low frequency range (about 0.5 - 2 Hz), a gradual decrease with frequency at an intermediate frequency range (about 2–3.5 Hz), and a flat amplitude at high frequency range (about 3.5 –10 Hz). These differences suggest the differences in the generation mechanisms between seismic and acoustic signals, which may reflect the difference of excitation region: the seismic waves are in the volcanic conduit beneath the vent, while the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

acoustic waves are at the orifice of the conduit.

Acknowledgements: We used JMA seismic and acoustic signal records.

Keywords: Seismic wave, Acoustic wave, Energy ratio, Source spectra, Volcanic explosion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Field survey report on Zao Volcano (2012–2018)

*後藤 章夫[1]、土屋 範芳[2]、平野 伸夫[2]、久利 美和[3]、松中 哲也[4]、澤山 兼吾[2]
*Akio Goto[1], Noriyoshi Tsuchiya[2], Nobuo Hirano[2], Miwa Kuri[3], Tetsuya Matsunaka[4], Kengo Sawayama[2]

1. 東北大学東北アジア研究センター、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 東北大学災害科学国際研究所、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 3. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

We have been conducting field surveys on Zao volcano since 2012, such as temperature monitoring and water sampling on Maruyama-sawa geothermal area, ruin of Niizeki hotspring and Okama crater lake, based on the expectation that Zao volcano may be activated by 2011 Great East Japan Earthquake. Geophysical observation network by Japan Meteorological Agency, which has started 24-hour monitoring in September 2010, detected volcanic tremor in January 2013 for the first time, and a tremor and preceding tilting occurred in April (JMA, 2013). Since then Zao volcano sustains its higher activity than usual. Volcanic warning, Level 2: Do not approach the crater, were issued in April 2015 due to the increase in volcanic earthquake and in January 2018 due to the occurrence of volcanic tremor with largest-ever amplitude and continuous tilt motion. In harmony with these activities our field surveys also detect some changes in surface activities. Here we review our field survey results since 2012, especially focusing on the 2017-2018 results which has not reported yet.

Temperature of over 20 fumaroles has been measured repeatedly on Maruyama-sawa geothermal area, where small phreatic explosion occurred in 1940 (Toraishi and Tominaga, 1940; Anzai, 1941). The highest temperature exceeded 102 ˚C in 2012, but decreased over 7 ˚C within four months in 2013; fumarole temperature overall fell lower than 95 ˚C by 2014. After the first volcanic warning in 2015, the highest fumarole temperature reached nearly 100 ˚C temporarily, and then overall temperature rise occurred in 2016. In 2018, after volcanic warning was issued for the second time in January, the highest fumarole temperature exceeded 100 ˚C in June and reached 104 ˚C in July, which is the highest record in our survey since 2012.

We have paid attention to ruin of Niizeki hotspring, where high temperature and high concentration hotsprings gushed as a result of activization in the past, but no activity was recognized between 2012 and 2014. In September 2015, five months later from the first volcanic warning, we found that Niizeki hotspring resumed welling up with multiple hotsprings at around 32˚C. But in 2016 surveys, Niizeki hotspring had only a few weak cold-water springs, and no remarkable activity was recognized after the second volcanic warning in 2018.

In contrast with Maruyama-sawa and ruin of Niizeki hotspring, no thermal activity has been recognized on Okama crater lake thus far. The bottom temperature was around 4 ˚C in late May and early June (2014 and 2016), and around 7 ˚C in early September (2014, 2015, 2017 and 2018). We installed thermocouples in 2017 and 2018 on the bottom of Okama crater lake to record the temperature change one hour interval. We found that 3-4 ˚C temperature rise occurred in early October in 2017 and 2018, which is probably not be the results of thermal activity of Zao volcano but seasonal variation, because the degree of temperature change and the time of the year were identical. In 2018 other research group conducted topography survey of Okama crater lake bottom using a multiple-frequency sonar system and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

detected vertically extending reflection over a small mound on the center of the lake bottom, which may be caused by a chain of rising volcanic gas bubbles or hot water plume (Yamasaki et al., 2018). One of our thermocouple is set within 10 m from the reflection source. Our thermocouple may catch the temperature change if thermal activity occurs there.

キーワード：蔵王火山、表面活動
Keywords: Zao volcano, surface activity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蔵王山の2015年膨張イベント
Inflation Event of Zao Volcano in 2015

*三浦 哲[1]、山本 希[1]、市來 雅啓[1]、出町 知嗣[1]
*Satoshi Miura[1], Mare Yamamoto[1], Masahiro Ichiki[1], Tomotsugu Demachi[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohoku University

はじめに：

蔵王山では，2012年頃から深部低周波地震の発生頻度が増大するとともに，2013年以降は火山性地震・微動が観測されている．2015年4月には火山性地震が継続的に多数発生したため，気象庁が同月13日に火口周辺警報を発表するに至ったが，その後地震回数は徐々に減り始めたため，同年6月16日に警報は解除された．同時期には蔵王山周辺のGNSS連続観測網によって僅かな山体膨張も観測されている（三浦・他，JpGU2016）．それ以降2018年前半に至るまで蔵王山周辺の基線長変化は概ね平坦になっている（気象庁，第141回噴火予知連資料，2018）ことから，この期間中顕著な火山性地殻変動は発生していないと考えられる．本報告ではこの期間のGNSS時系列を定常的であると仮定し，それを差し引くことによって従来よりも信頼性の高い火山性地殻変動を抽出し，変動源に関する検討を行う．

データ解析と結果：

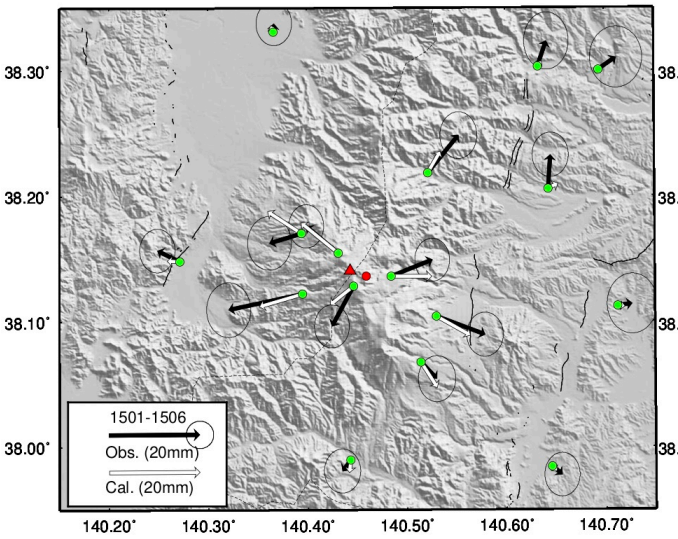
蔵王山周辺では未だに2011年東北沖地震の余効変動が支配的であるため，本研究では2015年7月から2018年6月までの期間を定常的変動と仮定し，その期間の余効変動成分を線型，対数，年周，半年周の各関数の和で表せると仮定し，各項の係数等のパラメタを推定して近似関数を求め，それを原データから差し引いて火山性地殻変動を抽出した．以上の処理により得られた時系列に遮断周期90日のローパスフィルターをかけた上で2015年1月から6月までの期間の地殻変動の水平成分，上下成分を図1に示す．水平成分を見ると山頂周辺を中心とする山体膨張を示していることがわかる．従来の解析では，定常的地殻変動として2015年の膨張イベントの前の期間を採用してきたため，イベント直前に設置された山頂直近の観測点の変位については，解析に使用されていなかったが，今回はイベント終息後の期間を定常変動期間としたために，これらの観測点でも山体膨張を示唆する変動が抽出できた．これらのデータを用いてインバージョン解析を行い，地下の球状圧力源（茂木モデル）を推定したところ，御釜の中心から東側に約800m（図中の赤丸），深さ約5.6kmの位置に推定された。圧力変化を体積増加量に換算すると$3.8\times10^{6}m^{3}$といった量になった．このモデルから計算された変位を白の矢印と棒で示している．

推定された圧力源の位置と蔵王山周辺の震源分布図を比べてみると，深部低周波地震群のほぼ直上で上部地殻内地震発生域の中に対応している．また，小川・他（2014）によって推定された地下の電気伝導度構造と比較すると，球状圧力源は蔵王山以西の深さ5km以深に推定されている高電気伝導度域の上端付近に相当することから、この高電気伝導度域がマグマ溜まりに相当している可能性が考えられる．

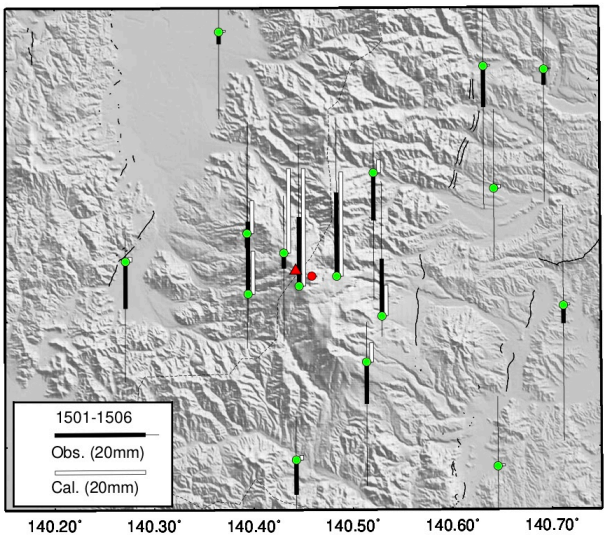
キーワード：火山、地盤変動、圧力源
Keywords: Volcano, deformation, Pressure source

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(a) 水平変動 (2015年1月～6月)



(b) 上下変動



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-VC 火山学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 国際会議室 2F

[S-VC38] 活動的火山

コンビーナ:前田 裕太(名古屋大学)、三輪 学央(防災科学技術研究所)、西村 太志(東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)、座長:山本 希、前田 裕太(名古屋大学)

活動的火山における最近の噴火や歴史噴火、火山活動に伴う諸現象、火山体構造、各種計測技術開発などについて各種地球物理・地球化学観測・地質学的調査などに基づき学際的立場で議論する。火山活動の分岐現象の理解や予測に関する観測、理論、実験分野からの講演も歓迎する。

15:30 ~ 15:45

[SVC38-24] 火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定

*前田 裕太[1] (1.名古屋大学)

15:45 ~ 16:00

[SVC38-25] 初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2] (1.東京大学地震研究所、2.株式会社ホームサイスモメータ)

16:00 ~ 16:15

[SVC38-26] 火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:15 ~ 16:30

[SVC38-27] 活火山の地震波速度変化モニタリング－2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用―

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

16:30 ~ 16:45

[SVC38-28] クラック固有振動の*Q*値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.コロンビア地質調査所)

16:45 ~ 17:00

[SVC38-29] 流体亀裂振動の放射特性に関する検討

*山本 希[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

火山性地震活動把握のための機械学習による大振幅領域の推定
A machine-learning-based estimation of large amplitude regions for monitoring volcano seismicity

*前田 裕太[1]
*Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

御嶽山では2014年噴火以降に地震観測網の整備が進められ、山頂から1 km以内に9点、4 km以内に17点、10 km以内に29点という世界有数の高密度観測網を有するに至った。その観測データから御嶽山では従来ほとんど発生していないと思われていた低周波地震や微動の存在が明らかになった(前田他, 2018連合大会)。これらのシグナルは他の火山での先行研究から火山浅部流体の移動や体積変化によって起きると考えられ、そうした流体の状態・振る舞いを知る上で重要なマーカーである。しかし現状はいくつかの低周波地震・微動を見つけた段階であり、御嶽山におけるこれらの地震活動の全体像は明らかになっていない。というのも風のノイズ等による偽のイベントが多数存在し、それらと真の火山起源のシグナルとの識別が困難なために手作業でのイベントカタログ作成は容易でない。これは多数の観測点の記録を少数の図を用いて十分な時間解像度で比較するのが困難なことが一因である。したがって多数の観測点から有用な情報を引き出す新しい方策が求められる。

本研究では地震・微動の活動を簡便に把握するために振幅が大きい領域の時空間分布を推定する手法を考案した。振幅は初動が不明瞭な地震活動をモニターする上で有用な指標となりうるが、観測点直下の構造の影響を受ける。その影響を軽減するため、本研究では振幅が平時に比べて有意に大きいか否かという情報を用いた。そのためにまず、振幅が平時よりも大きいか否かの判断の閾値を各トレースにおいて5分ウインドウ毎に決定した。そこでは振幅の頻度分布のうちのガウス分布に合う部分を平時、ガウス分布に合わない部分を有意に大きな振幅と見なすという考え方をとる。具体的には5分間の絶対値振幅の小さい順にNサンプルのみを用いて累積頻度分布を作成し、その分布を誤差関数でフィッティングしてずれを求め、Nを変えながらこの計算を行ってずれが最小になるNを探索し、その最適なNに対応する振幅を閾値とした。次に各トレースにおいて有意に大きな振幅をもつデータサンプルの比率を1秒毎に算出した。この比率の空間分布を入力データとして機械学習(ニューラルネットワークモデル)によってその1秒間の大振幅領域を推定した。こうして得られる1秒毎の大振幅領域の空間分布を用いれば真の火山性シグナルと偽のシグナルの識別が容易になると期待される。

御嶽山の2017年11月・12月の連続記録にこの手法を適用した。解析領域内で発生した地震の多くで大振幅領域は震央付近の比較的狭い範囲に推定されるか、または震央付近から時間とともに拡がっていくパターンを示した。一方、遠地地震やローカルノイズでは解析領域全体にわたり大振幅領域が低確率で広がる分布となった。このパターンの違いは真の火山性シグナルと偽のシグナルの識別に有用であった。但しこの方法ではごく小規模な地震・微動の見逃しは避けられない。大振幅領域を用いれば1秒につき1枚の図で済み、連続波形を詳細に検討するよりも簡便に地震活動を把握できる。また大振幅領域の時空間分布を入力データとした2段階目の機械学習による地震・微動の自動検知も試みており、暫定結果としては93%の成功率が得られている。

キーワード：火山地震学、機械学習、御嶽山
Keywords: Volcano seismology, Machine learning, Mt. Ontake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初動が読みにくい火山性地震の震源自動決定手法の開発　ー浅間山への適用例ー

Development of a technique for automatic determination of volcanic earthquakes with unclear onsets - Application to Mt. Asama -

*大湊 隆雄[1]、堀内 茂木[2]
*Takao Ohminato[1], Shigeki Horiuchi[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 株式会社ホームサイスモメータ
1. Earthquake Research Institute, Tokyo University, 2. Home Seismometer Corporation

火山で発生する地震には，P波やS波の立ち上がりが比較的明瞭で初動を読み取ることにより震源を容易に決定できるイベントと，P波やS波の初動が不明瞭で読み取りにくく，走時を用いた震源決定手法が有効でないイベントがある．古くから用いられる火山性地震の分類では，前者はA型地震，VT(火山構造性地震）あるいはHF地震，後者はB型地震，LP地震，あるいはLF地震などと呼ばれる．前者の震源メカニズムは火山体内部の応力変化による岩石の破壊と考えられている．後者についてはガスや熱水，マグマなど火山内部の流体が関与する様々なメカニズムが提唱されている．

火山の火口近傍に地震観測網を展開すると，活動度がそれほど高まっていない場合でもB型地震が多数観測される．また，活動度が高まるとB型地震の数が急増する例が多く見られる．火山体浅部で発生するB型地震はマグマ供給系や浅部熱水系の状態を反映しており火山の活動度の指標となると考えられるので，普段から発生数や震源分布などを把握することが重要である．しかしながらこのタイプの地震は非常に数が多いものの初動が読みにくく，人間が目で見て処理することは難しいことから，自動でイベントを検出し震源位置を決定する手法の開発が必要であり，これまで様々な手法が提案されてきた．初動が読み取りにくいイベントについては，波形の相関を利用して走時差を得る方法，パーティクルモーションを用いる方法，振幅の空間分布を利用する方法などが提唱されており，特に振幅を用いる手法は比較的良い結果が得られることから，多くの火山でB型地震の震源推定に用いられている．

本研究ではまず，火山性ではない通常の地震の震源決定において実績のある堀内　他（2010）の手法が，初動を読み取りにくい火口近傍で発生する地震の震源決定にどの程度有効であるかを調べた．この手法の基本的な考え方は，人間が地震波の到着時刻を読み取る際に行う総合的な判断を模した評価関数を定義し，正解と考えられる人間による読み取りに自動読み取りの結果がもっとも近づくように評価関数のパラメタを自動的に最適化する，というものである．更に，理論走時と観測走時の差が小さい観測点に高いScore値を与え，すべての観測点のScore値の和が最大となる解を選ぶことによりノイズの影響を低減したり，S波についてはSNを上げるために波形を適宜回転した上で処理するなどの工夫を加えている．

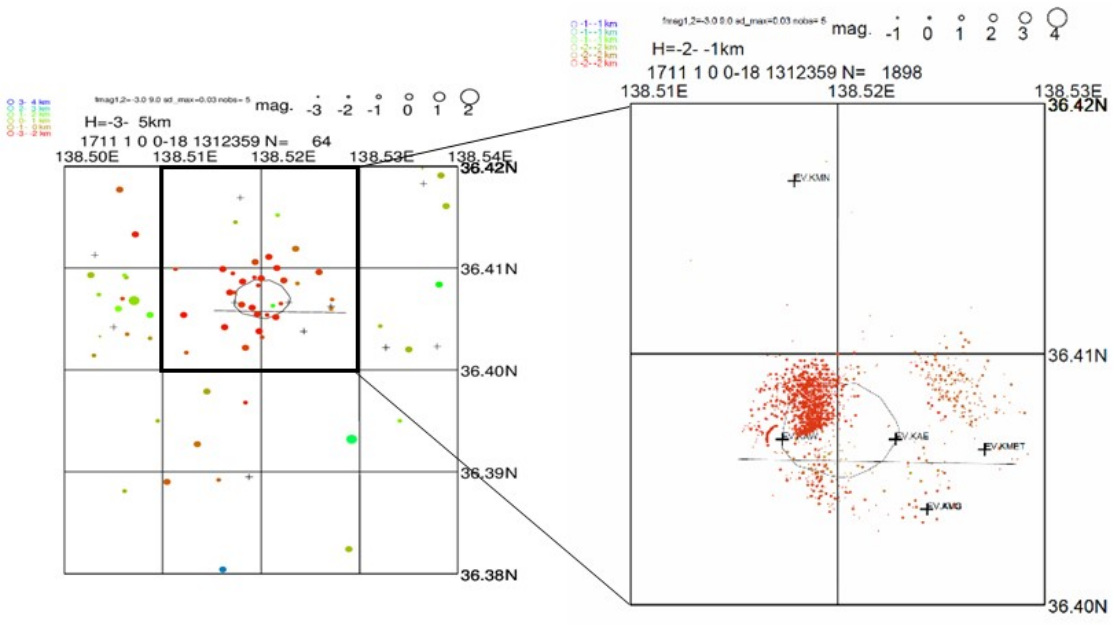
浅間山の周辺の観測データに対して，堀内　他（2010）の手法を適用したところ，そのままでは十分な精度が得られないことがわかった．これは，初動の読み取りそのものが難しいことに加え，パラメタ最適化の根拠となる人間による読み取り値の精度が低いことや各観測点のノイズレベルが高いなどの様々な要因の影響と考えられる．走時を読み取る手法の改良，振幅の利用，ノイズの処理などについて改良を加えた結果，比較的精度よく震源の自動決定ができる段階に到達した．試みた対策とその結果は以下の通りである．

・従来の自動読み取り手法をそのまま適用したのでは，S波の走時精度が悪く震源が精度良く決まらない．振幅データでおおよその震源決定を行い、その後、相関を用いてS波を読み取る方法を検討した。エンベロープ波形の相関を用いてS波到着時刻を読み取り、振幅と走時の両者を用いて震源決定を行うようにしたが，S波を高精度に読み取ることが難しく、精度の高い震源決定を行うことはできなかったため，この方法は断念した。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・S波到着時刻の自動読み取り値と振幅を用いて震源決定をしたが，精度が出なかった．
・「ノイズを読み取らない」，「遠地地震と火山性の近地地震を峻別する」，「S/Nが2.0以下の読み取り値は用いない」，「S波到着時刻にずれがある観測点の振幅データ削除」の4つの対策を取った上で，振幅のみで震源決定を行った場合に最も妥当と思われる結果が得られた．
2017年11月から2018年1月までの3ヵ月間のデータに対し改良された手法を適用したところ，火口周辺で約1900個のイベントの震源が決定された．同じ期間に手動で震源決定できたイベント数は100個に満たなかった．震源の決定精度の評価がまだ十分ではないものの，自動検測による火山火口域で観測されるB型地震の活動を評価する上で，期待できる成果が得られたと考えられる．

キーワード：火山性地震、震源決定、波形振幅、不明瞭な立ち上がり
Keywords: volcanic earthquakes, hypocenter determination, amplitude of waveforms, unclear onset



Manual pick　　Auto pick

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火山の散乱特性の深さ依存性を考慮したASL法による火山性地震・微動の震源推定

Amplitude source location method with depth-dependent scattering and attenuation structures for volcano-seismic signals

*熊谷 博之[1]、John Makario Lonodno[2]、Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2]、前田 裕太[1]
*Hiroyuki Kumagai[1], John Makario Lonodno[2], Alvaro Esteban Acevedo Rivas[2], Yuta Maeda[1]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. コロンビア地質調査所
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Colombian Geological Survey

The amplitude source location (ASL) method has been used to locate seismic events and tremor at various volcanoes. It has been indicated that the far-field and isotropic radiation equation for *S* waves used in the ASL method is valid in highly scattering wavefields. A constant *Q* value in the far-field and isotropic radiation equation has been commonly used in previous studies. This implicitly assumes homogenous distributions of scattering characteristics represented by the mean free path (l_0) and intrinsic attenuation (Q_i) beneath volcanoes. Wegler (JGR, 2004) and Kumagai et al. (JGR, 2018) showed that highly heterogeneous structures at volcanoes only exist in a surface thin layer with a thickness of about 1 km, below which less heterogeneous layers comparable to those in the normal crust exist. To evaluate the effects of such layered structures for ASL determinations, we performed synthetic tests using envelope waveforms simulated with the Monte Carlo method of Yoshimoto (JGR, 2000) for a two layer model based on the l_0 and Q_i structures at Nevado del Ruiz volcano (NRV) estimated by Kumagai et al. (2018). Our results indicated that the input source locations were estimated by the ASL method when appropriate values of *Q* values for the two layered model were used in the far-field and isotropic radiation equation. When a constant *Q* value was used, the estimated locations were largely deviated from the input locations especially in the depth direction. We then determined ASLs of volcano-tectonic (VT) earthquakes at NRV, which were compared with their hypocenters determined by the onset arrival times. Our results indicated that the differences between the ASLs and hypocenters of VT earthquakes became smaller when using a two layer *Q* model than those using a constant *Q* model. Our estimated ASLs of long-period (LP) events and tremor at NRV using the two layer *Q* model were more sharply clustered beneath the SW flank compared to those using the constant *Q* model. These locations corresponded to high *P*-wave to *S*-wave velocity ratio regions (Londono and Kumagai, JVGR, 2018), suggesting that the LP events and tremor were generated by fragmentation processes in a shallow magma storage region. These results indicate that use of appropriate *Q* values in the ASL method accommodating a thin surface heterogeneous layer is important to estimate precise source locations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

活火山の地震波速度変化モニタリングー2012年から2018年の気象庁観測点データへの地震波干渉法の適用ー
Seismic interferometry at active volcanoes in Japan: Analyses of seismic records of JMA for the period from 2012 to 2018

*西村 太志[1]、高野 智也[1]、廣瀬 郁[1]、中原 恒[1]
*Takeshi Nishimura[1], Tomoya Takano[1], Takashi Hirose[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

2観測点で観測される雑微動の相互相関関数を利用した地震波干渉法により、噴火や火山活動の活発化、あるいは大地震の発生により、地盤や地殻浅部の地震波速度や不均質構造が微小に変化することが明らかとなってきた。しかしながら、このような個別の地震や噴火現象への適用例は多いものの、通常時の構造変化の状況を調べた例はまだ少ない。そこで、我々は、国内の複数の火山を対象に、2012年から2018年までの7年間について相互相関関数に表れる特徴を調べたので報告する。

解析には、気象庁の火山観測点データを利用した。雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、北海道駒ヶ岳、吾妻山、磐梯山、安達太良山、那須岳、御嶽山、箱根山、雲仙岳、阿蘇山、霧島山、薩摩硫黄島、口永良部島など、熱水系が卓越すると考えられる15火山、マグマ噴火が卓越する有珠山、浅間山、伊豆大島、三宅島、桜島の5火山を対象とした。2012年から2018年までの7年間の連続地震波記録に対し、0.5-1Hz, 1-2Hz, 2-4Hzの周波数帯を解析する。7年間全体のデータを用いて求められる相互相関関数を参照関数として、5日平均の相互相関関数から地震波速度変化量の時間変化を調べた。その結果、多くの火山で、それぞれの解析周波数帯で、年周期や数ヶ月程度の周期を持つ変動が見られた。求められた地震波速度変化量は、頻度分布を見るとおおむね正規分布に従い、その標準偏差は0.2から1%程度と求められた。観測期間中、御嶽山や口永良部島、阿蘇山、箱根山で水蒸気爆発など噴火が発生したが、これらの噴火に伴って、日々の変動量を超える顕著な地震波速度変化は認められなかった。一方、山体膨張・収縮変動がGNSS記録に見られる吾妻山では、火山性圧力源による歪み変化に伴うと考えられる地震波速度変化の長期的変動が観測された。また、伊豆大島、桜島、三宅島、樽前山でも、中長期的な火山性圧力源等による歪み変化に応じた速度変化量が認められた。そのほか、2016年熊本地震（雲仙岳）、Ｍ６クラスの近海の2013年地震（三宅島）、2015年ダイク貫入（桜島）など、地震・火山活動に関連した短期的な変動も捉えられている。

7年間のデータを系統的に解析することにより、地震波速度変化量の揺らぎの特徴を明らかにすることが可能となった。地震波速度変化は、周辺のGNSS観測点や傾斜・歪み記録と相関が高く、降雨による影響の見られる観測点ペアもある。歪み量や降雨量などにより相互相関関数を補正することにより、今後、それ以外の、火山活動に起因する地震波速度変化をモニターすることが可能であろう。

2観測点で観測される雑微動の相互相関関数を利用した地震波干渉法により、噴火や火山活動の活発化、あるいは大地震の発生により、地盤や地殻浅部の地震波速度や不均質構造が微小に変化することが明らかとなってきた。しかしながら、このような個別の地震や噴火現象への適用例は多いものの、通常時の構造変化の状況を調べた例はまだ少ない。そこで、我々は、国内の複数の火山を対象に、2012年から2018年までの7年間について相互相関関数に表れる特徴を調べたので報告する。

解析には、気象庁の火山観測点データを利用した。雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、北海道駒ヶ岳、吾妻山、磐梯山、安達太良山、那須岳、御嶽山、箱根山、雲仙岳、阿蘇山、霧島山、薩摩硫黄島、口永良部島など、熱水系が卓越すると考えられる15火山、マグマ噴火が卓越する有珠山、浅間山、伊豆大島、三宅島、桜島の5火山

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

を対象とした。2012年から2018年までの7年間の連続地震波記録に対し、0.5-1Hz, 1-2Hz, 2-4Hzの周波数帯を解析する。7年間全体のデータを用いて求められる相互相関関数を参照関数として、5日平均の相互相関関数から地震波速度変化量の時間変化を調べた。その結果、多くの火山で、それぞれの解析周波数帯で、年周期や数ヶ月程度の周期を持つ変動が見られた。求められた地震波速度変化量は、頻度分布を見るとおおむね正規分布に従い、その標準偏差は0.2から1%程度と求められた。観測期間中、御嶽山や口永良部島、阿蘇山、箱根山で水蒸気爆発など噴火が発生したが、これらの噴火に伴って、日々の変動量を超える顕著な地震波速度変化は認められなかった。一方、山体膨張・収縮変動がGNSS記録に見られる吾妻山では、火山性圧力源による歪み変化に伴うと考えられる地震波速度変化の長期的変動が観測された。また、伊豆大島、桜島、三宅島、樽前山でも、中長期的な火山性圧力源等による歪み変化に応じた速度変化量が認められた。そのほか、2016年熊本地震（雲仙岳）、Ｍ６クラスの近海の2013年地震（三宅島）、2015年ダイク貫入（桜島）など、地震・火山活動に関連した短期的な変動も捉えられている。

7年間のデータを系統的に解析することにより、地震波速度変化量の揺らぎの特徴を明らかにすることが可能となった。地震波速度変化は、周辺のGNSS観測点や傾斜・歪み記録と相関が高く、降雨による影響の見られる観測点ペアもある。歪み量や降雨量などにより相互相関関数を補正することにより、今後、それ以外の、火山活動に起因する地震波速度変化をモニターすることが可能であろう。

キーワード：地震波干渉法、活火山、地震波速度変化
Keywords: Seismic interferometry, active volcanoes, seismic velocity change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

クラック固有振動のQ値と形状・流体特性の関係：経験則の導出と火山性LPイベント解析への応用

Empirical relation for *Q* factors of crack resonances and its use to estimate source properties of volcanic LP events

*田口 貴美子[1]、熊谷 博之[1]、前田 裕太[1]、Torres Roberto[2]
*Kimiko Taguchi[1], Hiroyuki Kumagai[1], Yuta Maeda[1], Roberto Torres[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. コロンビア地質調査所
1. Nagoya University Environmental Studies, 2. Colombian Geological Survey

火山活動の活発化に伴い観測される地震のうち、long-period (LP)イベントは熱水割れ目などの振動体中における流体の固有振動により発生すると考えられている。よってLPイベントの解析による振動体サイズや流体特性の推定は、火山の下にある流体の状態を把握するうえで重要である。このサイズおよび流体特性は振動体としてクラックモデル(Chouet, *J. Geophys. Res.*, 1986) を考え、その固有振動の周波数や*Q*値を観測されたLPイベントのものと比較することで推定されてきた。このうちクラック固有周波数はMaeda and Kumagai (*Geophys. J. Int.*, 2017) により提案された解析式が存在し、これを用いることでクラックサイズや流体特性のパラメータをすべて推定することが可能になった(Taguchi et al., *J. Geophys. Res.*, 2018) 。しかし*Q*値にはそのような式は存在せずクラックモデルの数値計算を使った比較を行う必要があるため、特に*Q*値が大きいLPイベントについてはすべてのクラックモデルのパラメータ推定に時間がかかるという問題点があった。

そこで本研究では数値計算により、クラックモデルのパラメータと固有振動の*Q*値の関係を系統的に調べた。クラック固有振動の*Q*値は固体中*P*波速度（α）とクラック内の流体音速（a）の比（α/a）に比例して大きくなることが知られている(Kumagai and Chouet, *J. Geophys. Res.*, 2000) 。本研究でも同様の結果が得られたことに加え、*Q*値に対するα/aの比例定数はクラックの短軸方向と長軸方向の長さの比（W/L）の対数に比例して大きくなるという経験則を得た。この経験則が実際の解析に適用できるかを確かめるため、ガレラス山（コロンビア）で1993年1月にマグマ活動に伴い発生したLPイベントを解析した。この期間のLPイベントは火山灰を含む水蒸気（ダスト状ガス）を含むクラック固有振動により発生したと考えられており、Taguchi et al. (2018) は推定したクラック体積（V）とクラック内の水蒸気質量の割合（n）はどちらも減少する傾向があると示している。これと同様のVとnの減少傾向が本研究でも得られ、上記で述べた*Q*値の経験則はLPイベントの解析に適用可能であることがわかった。さらにこの経験則を用いて、同火山で1993年5月と2006年12月にマグマ活動に伴い発生したLPイベントを解析した。これら2つの期間のLPイベントの*Q*値は1993年1月のものよりも大きく、従来の数値計算を用いた解析手法ではクラックモデルのパラメータをすべて推定することは困難であった。2つの期間についてもマグマ活動に伴うLPイベントであることからクラック内流体としてダスト状ガスを仮定し、本研究で得られた*Q*値の経験式を適用した。その結果どちらの期間でもVとnは1993年1月と同様の減少傾向を示すことがわかった。これは同じ火山で活動が活発化してから収まるまで、LPイベント震源のクラックサイズや流体特性は同様の過程を経て変化したことを示唆している。

以上のように、本研究で得られたクラック固有振動の*Q*値の経験則は観測されたLPイベント震源のクラックサイズと流体特性の推定に適用可能であり、それに基づく火山ごとでの流体の状態把握やその特徴の解明に貢献できると考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体亀裂振動の放射特性に関する検討
A study on the radiation pattern for resonating fluid-filled crack

*山本 希[1]
*Mare Yamamoto[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

活火山周辺で観測される火山性地震，特に低周波地震・長周期地震には，複数のスペクトルピークを呈する調和振動的なものも多く，その振動源のモデルとしてマグマ溜りや火山浅部における亀裂のような火山性流体に満たされた共鳴体の振動が提案されてきた．このような共鳴体モデルとしては，これまでに球状，円筒状，クラック状といった幾何形状のものが考えられてきており，卓越周波数・減衰特性といった火山性微動の波動特性をよく再現するモデルとして観測記録への適用が行われてきた．一方で，近年，震源域近傍での稠密地震観測が行われるようになり，これまで議論がやや困難であった卓越周波数成分の観測点間での振幅比やスペクトルピーク間の振幅比の情報を抽出することができるようになった．そこで本研究では，流体を含む亀裂状共鳴体から放射される波動場の放射特性を求め，卓越周波数の振幅方位依存性・共鳴モード間の振幅情報を用いて亀裂走向の推定可能性等について検討した結果を報告する．

本研究では，3次元無限弾性体の流体を含む薄い亀裂（流体亀裂）からの弾性波伝播を考える．まず，流体亀裂の共鳴振動を数値的に解き，得られた亀裂面上に生じる開口食い違い変位により生じる弾性波の伝播を数値的に積分し，無限弾性体中の波動場の計算を行う．この放射波動場を方位角ごとに計算することで各距離における流体亀裂振動からの放射特性を求める．流体亀裂振動の亀裂面上開口量分布は重み付きチェビシェフ多項式の低次項で近似できることがYamamoto and Kawakatsu (2008) でも示されているため，比較のために亀裂面上の開口量を解析的に与えた場合の計算も行った．ここで，弾性体中の波動場グリーン関数として遠地Ｐ波項のみを用いた場合は，Chouet (1986) で議論された問題設定と同等である．本研究では，波動場グリーン関数として，Ｐ波・Ｓ波の近地項も含む解析式を用い，放射波動場・放射特性の震源距離依存性を調べた．

流体亀裂振動と考えられる調和振動型の火山性地震が多く観測される熱水系卓越火山を仮定し，流体亀裂内外の圧縮波速度の比が比較的大きな条件について検討した結果，亀裂振動の各モードの放射特性は，亀裂サイズに比べ約50倍以上の震源距離では遠地P波項のみを仮定した放射特性と概ね等しくなる一方，より短い震源距離では近地項の影響と亀裂上各点から放射される波動の干渉により放射特性は大きく歪められることが明らかになった．また，放射特性の距離依存性は，亀裂振動の奇数モード・偶数モードにより差異が認められた．これらの結果は，流体亀裂振動の比較的低次のモードについては各共鳴モードの波長が亀裂サイズと同程度であるが亀裂内外の媒質速度の違いにより放射波動場において近地項の影響する震源距離が点震源の場合に比べ長距離になること，有限サイズの亀裂振動の偶数／奇数モードでは亀裂中心に対する開口食い違い変位量の対称性が異なることで解釈できる．なお後者については，Kumagai et al. (2002) でも指摘がされている．また，主にこの波長による近地項の影響距離の違いにより，亀裂振動の共鳴モード間での振幅比に距離依存性が生じることが明らかになった．

以上の結果は，調和振動型火山性地震のスペクトルピークの振幅比を観測点間およびモード間で求めることにより，振動源の流体亀裂の走向や亀裂サイズを推定できる可能性を示唆する．この手法では，スペクトル振幅をデータとして用いるため，火山体浅部における散乱現象等による観測波形の位相の乱れの影響を軽減し，解析を行える利点もある．またこれらの結果は，震源域近傍により稠密な観測網を展開していくことが，火山性地震の発生機構の理解のために重要であることも示唆する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

謝辞：本研究は鳥本達矢氏（平成28年度卒）との予察をもとに発展させたものである．記して謝意を表する．

キーワード：火山性地震、流体亀裂振動、発震機構
Keywords: Volcanic earthquakes, Fluid-filled crack, Source mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-CG49] ハードロック掘削科学～陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン～

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)、座長:高澤 栄一(新潟大学)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所)

ハードロック掘削計画が進展している．本セッションでは，オマーン掘削プロジェクトを中心としてICDPならびにIODPの掘削プロジェクトの成果発表を期待する．さらに，掘削研究にこだわらず，関連するオフィオライト研究などの野外研究や実験研究等の発表の機会となることも期待したい．

9:00 ~ 9:15

[SCG49-06] Melt transport and compositional heterogeneity of the mantle: a case study of peridotite, dunite, and wehrlite from Atlantis Massif

*秋澤 紀克[1]、Gretchen L. Früh-Green[2]、田村 明弘[3]、田村 千織[1]、森下 知晃[3] (1.東京大学　大気海洋研究所、2.ETH　地球科学科、3.金沢大学　理工研究域)

9:15 ~ 9:30

[SCG49-07] **Lower crustal accretion processes revealed from the study of gabbroic cores in Holes GT1A and GT2A, the ICDP Oman Drilling Project**

*Sayantani Chatterjee[1]、Eiichi TAKAZAWA[1]、Katsuyoshi Michibayashi[2]、Peter B Kelemen[3]、Damon A.H. Teagle[4]、Oman Drilling Project Phase I Science Party (1.Department of Geology, Faculty of Sciences, Niigata University, Japan、2.Department of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University, Japan、3.Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, USA、4.Southampton Marine and Maritime Institute, University of Southampton, United Kingdom)

9:30 ~ 9:45

[SCG49-08] オマーンに産するリストベナイトの岩石学: 沈み込み帯の炭素循環の解明に向けて

*髙橋 藤馬[1]、森下 知晃[2]、佐藤 宏樹[3]、Guotana Juan[2]、川本 竜彦[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[6]、Michelle Harris[7]、Juerg Matter[6]、道林 克禎[8]、高澤 栄一[9]、Damon Teagle[6]、The Oman Drilling Project Phase 1 science Party (1.国立大学法人金沢大学理工学域自然システム学類地球学コース、2.国立大学法人金沢大学自然科学研究科自然システム学専攻、3.国立大学法人京都大学理学部、4.国立大学法人静岡大学理学部地球化学科、5.Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia university、6.School of Ocean and Earth Science, National Oceanography Center Southampton, University of Southampton、7.School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University、8.国立大学法人名古屋大学理学部地球惑星学科、9.国立大学法人新潟大学自然科学研究所)

9:45 ~ 10:00

[SCG49-09] PGE and Os isotope variation in the gabbros and peridotites from the Oman DP drilling cores in the Samail ophiolite, Oman

*仙田 量子[1,2]、鈴木 勝彦[2]、森下 知晃[3]、高澤 栄一[4]、道林 克禎[5]、Kelemen Peter[6]、Teagle Damon[7]、Coggon Jude[7]、Godard Marguerite[8]、The Oman DP Science Party (1.九州大学比較社会文化研究院、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター 、3.金沢大学理工研究域自然システム学系 、4.新潟大学理学部地質科学科、5.名古屋大学大学院環境学研究科、6.コロンビア大学、7.サウザンプトン大学、8.モンペリエ大学)

10:00 ~ 10:15

[SCG49-10] オマーンオフィオライト・ワジタイン岩体のCM1およびCM2サイトにおける地殻-マントル境界の掘削結果の概要

*高澤 栄一[1]、Damon Teagle[2]、道林 克禎[3]、田村 芳彦[4]、Jude Coggon[2]、Juerg Matter[2]、Peter Kelemen[5]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学理学部地質科学プログラム、2.サウサンプトン大学、3.名古屋大学、4.海洋研究開発機構、5.コロンビア大学)

10:15 ~ 10:30

[SCG49-11] オマーン掘削プロジェクトPhase2　マントルセクションから得られた掘削コア試料の岩石学的観察

*市山 祐司[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Scientific Party (1.千葉大学)

Melt transport and compositional heterogeneity of the mantle: a case study of peridotite, dunite, and wehrlite from Atlantis Massif

*秋澤 紀克[1]、Gretchen L. Früh-Green[2]、田村 明弘[3]、田村 千織[1]、森下 知晃[3]
*Norikatsu Akizawa[1], Gretchen L. Früh-Green[2], Akihiro Tamura[3], Chiori Tamura[1], Tomoaki Morishita[3]

1. 東京大学　大気海洋研究所、2. ETH　地球科学科、3. 金沢大学　理工研究域
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Earth Sciences, Eidgenössische Technische Hochschule-Zürich, 3. Institute of Science and Engineering, Kanazawa University

Harzburgitic, dunitic, and wehrlitic rocks drilled at Atlantis Massif (Mid-Atlantic Ridge, 30˚N), where mantle-derived rocks were exhumed to the sea floor via detachment faulting, were investigated employing *in situ* geochemical analyses. Since dunitic and wehrlitic rocks are commonly interpreted as fossil melt channels, they likely represent transported parental melts of mid-ocean ridge basalt (MORB) beneath the paleo-ridge axis. Although the rocks are severely serpentinized, primary olivines, chromian spinels, orthopyroxenes, and clinopyroxenes were found in several samples. The Cr/(Cr + Al) ratios (Cr#) of the chromian spinel show a bimodal distribution, where one group records higher Cr# (0.35–0.5) and the other group is represented by lower Cr# (0.2–0.3). The extent of mantle melting is strongly correlated to the Cr# of the chromian spinel, thus the mantle-derived lithologies of the Atlantis Massif record at least two end-members with regards to the extent of melting: refractory mantle material with higher Cr#, and enriched mantle material with lower Cr#. To quantitatively evaluate mantle melting and melt transport mechanisms in the suboceanic mantle beneath this section of the Mid-Atlantic Ridge, a one-dimensional, steady-state decompositional mantle melting model was carried out based on rare-earth element concentrations of clinopyroxene. Our modelling results demonstrate that the melting region of the mantle extends unevenly across the ridge axis, with deeper melting occurring on-axis from the garnet-stability field, and shallower melting occurring off-axis from the spinel-stability field. We propose that depleted melts generated at depths in the absence of garnet within the off-axis region were possibly focused to the ridge axis via fracture-induced melt channels and produced wehrlite. It is likely that fracture-induced melt migration was dominantly a response to a decrease of temperature as the mantle was exhumed during detachment faulting.

キーワード：IODP Exp 357、大西洋中央海嶺、ハルツバーガイト、メルト輸送、MORB、ultra-depleted melt
Keywords: IODP Exp 357, Mid-Atlantic Ridge, Harzburgite, Melt transport, MORB, ultra-depleted melt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lower crustal accretion processes revealed from the study of gabbroic cores in Holes GT1A and GT2A, the ICDP Oman Drilling Project

*Sayantani Chatterjee[1], Eiichi TAKAZAWA[1], Katsuyoshi Michibayashi[2], Peter B Kelemen[3], Damon A.H. Teagle[4], Oman Drilling Project Phase I Science Party

1. Department of Geology, Faculty of Sciences, Niigata University, Japan, 2. Department of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University, Japan, 3. Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, USA, 4. Southampton Marine and Maritime Institute, University of Southampton, United Kingdom

Transition between middle crustal foliated and to lower crustal layered gabbros of Oman ophiolite was drilled at Hole GT2A and GT1A in Wadi Gideah of Wadi Tayin massif (22˚51.793'E/58˚31.198'N and 22˚53.535'/58˚30.904' respectively) during Phase 1 of Oman drilling project. With total depth of 406.77m long Hole GT2A core samples the middle foliated to layered gabbro. Hole GT1A drilled the lower crustal section in the southern Oman ophiolite and recovered 401.52 m of total cores (99.6% recovery). Petrographic observation of representative samples from GT2A and GT1A, we found two dominant rock types: gabbbro and olivine gabbro, where later dominates the lower part of the drill hole.

The layered structure is mainly controlled by the variable grain size and modal composition of minerals. Gabbros contain plagioclase and clinopyroxene (showing poikilitic texture) as primary minerals associated with few amounts of oxides. Clinopyroxenes are often replaced by brown amphibole along cleavages or at the rim. Olivine gabbros are constituted of plagioclase, clinopyroxene, olivine, some orthopyroxene and oxide minerals. Texturally, olivine grains are present as subhedral to skeletal in nature. Magmatic foliation is often demarcated by laths of plagioclase followed by elongated clinopyroxene. The contact between olivine and plagioclase frequently marked by presence of symplectitic intergrowth between spinel and orthopyroxenewhich suggests, olivine was reacting with late stage liquid and produce simultaneous coprecipitation of magnetite and orthopyroxene. Downhole evolution present from bottom to top for both in gabbro and olivine gabbro samples in terms of Mg#,TiO2, and Cr2O3 in clinopyroxene, olivine and plagioclase, particularly at 270mt and 130mt Mg# increase (influx of primitive melts at several intervals). TiO2 and Cr2O3 correspond with Mg#, and eventually follow fractionation trend. Data from rare earth elements implies that ol-gabbros are crystallized from different parent melts (at least two types) supported by the evidence from evolution with depth profile.

Gabbroic lithologies in GT1A represented by anhedral olivine with tabular to elongate shape. Plagioclase are partly or totally enclosed by large clinopyroxene. Clinopyroxenes are tabular to subequant in habit. Some thin films of orthopyroxene present as corona around olivine. Most of the samples have undergone alteration and obscured the igneous origin. In case of Hole GT2A, gabbros are much less affected by alteration compared to GT1A. Downhole variation in mineral composition (in-situ composition) can be correlated with several cycles of crystallization history. Detailed petrographic, microstructural and geochemical study of all the representative samples will be presented. We have also attempted to determine the oxygen fugacity, where (fO2 vs.T plot) oxide pairs are plotted within FMQ field (fO2 vs. T plot). Temperature estimation ranges from 600-800˚C (shallow level gabbro to deeper gabbro) cover total range of temperature from high to low and also have a clue to determine the thermal evolution by rate of cooling.

Keywords: Oman Drilling Project, Lower crust, Gabbro

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンに産するリストベナイトの岩石学: 沈み込み帯の炭素循環の解明に向けて

Petrology of Oman listvenite : Implications for carbon cycle in the subduction zone

*髙橋 藤馬[1]、森下 知晃[2]、佐藤 宏樹[3]、Guotana Juan[2]、川本 竜彦[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[6]、Michelle Harris[7]、Juerg Matter[6]、道林 克禎[8]、高澤 栄一[9]、Damon Teagle[6]、The Oman Drilling Project Phase 1 science Party
*Toma Takahashi[1], Tomoaki Morishita[2], Hiroki Sato[3], Juan Miguel Guotana[2], Tatsuhiko Kawamoto[4], Peter B Kelemen[5], Jude Ann Coggon[6], Michelle Harris[7], Juerg Michael Matter[6], Katsuyoshi Michibayashi[8], Eiichi TAKAZAWA[9], Damon A H Teagle[6], The Oman Drilling Project Phase 1 science Party

1. 国立大学法人金沢大学理工学域自然システム学類地球学コース、2. 国立大学法人金沢大学自然科学研究科自然システム学専攻、3. 国立大学法人京都大学理学部、4. 国立大学法人静岡大学理学部地球化学科、5. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia university、6. School of Ocean and Earth Science, National Oceanography Center Southampton, University of Southampton、7. School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University、8. 国立大学法人名古屋大学理学部地球惑星学科、9. 国立大学法人新潟大学自然科学研究所
1. Faculty of Geosciences and Civil Engineering, Kanazawa university, 2. Division of Natural Sciences, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa university, 3. Faculty of Science, Kyoto university, 4. Department of Geoscience, Faculty of Science, Shizuoka university, 5. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia university, 6. School of Ocean and Earth Science, National Oceanography Center Southampton, University of Southampton, 7. School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Plymouth University, 8. Department of Earth Planetary Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya university, 9. Institute of Science and Technology, Niigata university

Listvenites obtained during the Phase 1 of the Oman Drilling Project can be generally divided into two main groups based on color: red series and green-white series. Although there is a clear color difference, the mineral assemblage is mainly composed of magnesite and quartz. Dolomite occurs as late veins and/or small patches. Opaque minerals are abundant in the red series which occur either as veins or disseminated grains which are commonly enveloped by carbonate minerals and quartz. The opaque minerals are hematite based on Raman spectrometry analysis. In the green-white listvenite series, opaque minerals are very scarce. Greenish portions in both listvenites were observed on a hand sample scale. In the green-white series, dark green and light green portions are present while only light green portions are observed in the red listvenites. These greenish features are interpreted as mainly polymineralic pseudomorphic replacement of orthopyroxene. In the same hole, pyroxene relics in serpentinites exhibit the same shape as with the previously described greenish pseudomorphs. The dark green portions in the green-white listevenites contain fuchsite (Cr-mica) around spinel relics. Silicified relic pyroxenes with fuchsite along relic cleavages are also present in the light green portions. On the other hand, the greenish portions in the red listvenite series are characterized by magnesite with intergranular fuchsite (?). Hematites in the red listvenites have similarities in form with the opaque minerals occurring as discontinuous veinlets in the serpentinite. The combined similarities in the petrographic features suggest that some listvenites were formed from serpentitnites. Quartz veins with Ni-bearing magnesite were observed in the red series and were formed in the last stage.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：リストベナイト、オマーン掘削計画、オマーンオフィオライト、元素移動、炭酸塩岩化
Keywords: Listvenite, Oman drilling project, Oman ophiolite, elements mobility, Carbonation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

PGE and Os isotope variation in the gabbros and peridotites from the Oman DP drilling cores in the Samail ophiolite, Oman

*仙田 量子[1,2]、鈴木 勝彦[2]、森下 知晃[3]、高澤 栄一[4]、道林 克禎[5]、Kelemen Peter[6]、Teagle Damon[7]、Coggon Jude[7]、Godard Marguerite[8]、The Oman DP Science Party
*Ryoko Senda[1,2], Katsuhiko Suzuki[2], Tomoaki Morishita[3], Eiichi TAKAZAWA[4], Katsuyoshi Michibayashi[5], Peter B Kelemen[6], Damon AH Teagle[7], Jude Ann Coggon[7], Marguerite Godard[8], The Oman DP Science Party

1. 九州大学比較社会文化研究院、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター 、3. 金沢大学理工研究域自然システム学系 、4. 新潟大学理学部地質科学科、5. 名古屋大学大学院環境学研究科、6. コロンビア大学、7. サウザンプトン大学、8. モンペリエ大学
1. Faculty of Social and Cultural Studies, Kyushu University, 2. Research and Development Center for Submarine Resources, JAMSTEC, 3. School of Natural System, Colleage of Science and Technology, Kanazawa University, 4. SDepartment of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 5. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 6. Columbia University, 7. University of Southampton, 8. Géosciences Montpellier

It is well known that oceanic crust covers almost 70 % of Earth’ s surface. It is formed at mid-ocean ridge and is subducted into mantle at convergent plate margin. This plate motion is pull many kinds of surface materials in inside the mantle and contributed to a global recycling system. However the details of the oceanic crusts and underlain upper mantle are still poor understanding. The construction of the oceanic crusts is defined by constructions of ophiolites which were the ancient oceanic plates exposed onto land.

To have better understandings of the oceanic crust, underlain upper-most mantle and related other things, the Oman Drilling Project by ICDP was done the drilling from 2016 to 2018 in Samail ophiolite, Oman. The Samail ophiolite in the northern part of Oman is the largest and having better exposed section of the oceanic lithosphere in the world.

We will report the preliminary results of the PGE abundances and Os isotope ratios in the whole-rock gabbros and mantle related peridotites from the drilling cores and compering to the data from the Oman surface data. These data will be help us to better understanding of the relationships between the oceanic crust and underlying upper mantle, mechanisms of making oceanic crust, and planning the future Mohole projects.

キーワード：オマーン掘削プロジェクト、はんれい岩、かんらん岩、オスミウム同位体組成、白金族元素存在度
Keywords: Oman DP, gabbro, peridotite, Os isotope ratio, PGE abundance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンオフィオライト・ワジタイン岩体のCM1およびCM2サイトにおける地殻-マントル境界の掘削結果の概要

Overview of drilling of crust-mantle boundary at CM1&2 sites of Wadi Tayin massif of Oman ophiolite: the ICDP Oman Drilling Project

*高澤 栄一[1]、Damon Teagle[2]、道林 克禎[3]、田村 芳彦[4]、Jude Coggon[2]、Juerg Matter[2]、Peter Kelemen[5]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Eiichi TAKAZAWA[1], Damon A H Teagle[2], Katsuyoshi Michibayashi[3], Yoshihiko Tamura[4], Jude Ann Coggon[2], Juerg Matter[2], Peter B Kelemen[5], Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

1. 新潟大学理学部地質科学プログラム、2. サウサンプトン大学、3. 名古屋大学、4. 海洋研究開発機構、5. コロンビア大学
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 2. University of Southampton, 3. Nagoya University, 4. JAMSTEC, 5. Columbia University

At the boundary between the crustal section and the mantle section of the Oman ophiolite there are several tens to hundreds of meters thick, mainly composed of dunite called the crust-mantle transition zone (MTZ) [1]. Since it often accompanies thin veins or clots of plagioclase and clinopyroxene and several centimeters to meters thick gabbro sills, it leaves traces of magma activity right under the ridge. The origin of dunite in MTZ is still under debate: the accumulation of olivine crystallized from melt [2], or the reaction of harzburgite with pyroxene-undersatulated melt [3], or both [4]. Recently, the presence of water at the time of formation has also been pointed out [5]. To clarify the origin of MTZ, more detailed research by continuous core through MTZ is necessary.

From November 2017 to January 2018 MTZ of Wadi Zeeb (CM1&2 sites) in Wadi Tayin massif was drilled by the International Continental Scientific Drilling ProgramOman Drilling Project [6]. Geological mapping on ground associated with information from the recovered cores the thickness of the MTZ is estimated as about 150 m. The upper and lower boundaries of the MTZ has a strike in the east-west direction, and it is inclined about 30 degrees south. In the summer of 2018, the drilled cores were carefully described by scientists on the deep-sea drilling vessel "CHIKYU". The stratigraphy has been divided into four igneous sequences based on the abundance of different lithologies: Layered Gabbro Sequence, Dunite Sequence, Dunite with Gabbro Sequence, and Mantle Sequence. Dunite Sequence and Dunite with Gabbro Sequence are summarized as Crust - Mantle Transition.

Hole CM1A is inclined 60˚ northward. The upper 160 m of the core is the Layered Gabbro Sequence, mostly composed of olivine gabbro, interlayered with gabbro and a small amount of wehrlite, dunite, anorthosite and troctolite. From 160 to 310 m the Crust-Mantle Transition is divided into an upper 90 m Dunite Sequence and a lower 60 m Dunite with Gabbro Sequence containing small lenses of gabbro, troctolite and wehrlite. The dunites are highly serpentinized, and rodingite and diopsidite commonly replace minor gabbroic rocks in these sequences. The lower 80 m of the hole is the Mantle Sequence, with alternating layers of dunite and increasingly abundant, residual mantle harzburgite.

Hole CM2B is a vertical hole located 400 m north of CM1A, and samples the Crust-Mantle Transition and the Mantle Sequence. As in CM1A, the transition is divided into an upper Dunite Sequence and a lower Dunite with Gabbro Sequence. In contrast to Hole CM1A, a small amount of olivine has escaped complete serpentinization in the lower portions of the CM2B transition zone. In the Mantle Sequence, harzburgite is dominant. Dunite accounts for about 25% of this Sequence, less than in CM1A. The lowermost peridoties

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in Hole CM2B are strongly altered to talc+carbonate.

[1] Boudier and Nicolas, 1995, J. Petrol., 36, 777-796, [2] Pallister and Hopson, 1981, J. Geophys. Res., 86, 2593-2644, [3] Kelemen et al., 1995, Nature, 375, 747-753, [4] Abily and Ceuleneer, 2013, Geology, 41, 67-70, [5] Rospabé et al., 2017, Geol. Soc. Am., Data Rep. 2017139, [6] Kelemen et al., 2013, Scientific Drilling, 15, 64-71.

キーワード：オフィオライト、地殻-マントル境界、モホ遷移帯、国際陸上科学掘削プログラム、オマーン掘削プロジェクト
Keywords: ophiolite, crust-mantle boundary, Moho Transition Zone, ICDP, Oman Drilling Project

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーン掘削プロジェクトPhase2　マントルセクションから得られた掘削コア試料の岩石学的観察

Petrological observation of core samples drilled from a mantle section of the Oman ophiolite: A preliminary report of the Oman Drilling Project Phase 2

*市山 祐司[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Scientific Party
*Yuji Ichiyama[1], Oman Drilling Project Phase 2 Scientific Party

1. 千葉大学
1. Chiba University

The Oman ophiolite is the world’s largest ophiolite and will help us to understand the crustal formation, processes in the mantle, and evolution and modification of the oceanic lithosphere through the time. The drillings and investigations of the crust-mantle boundaries and mantle sections were operated in the Oman Drilling Project Phase 2. We report the preliminary results of the petrological observation of the drilling samples from the mantle sections in the Phase 2 Holes BA1B, BA3A, and BA4A.

The Hole BA1B is composed of upper dunite and lower harzburgite associated with mafic dikes. The Hole BA3A is dominated mainly by harzburgite and also contains a minor amount of thin dunitic layers and mafic dikes. The Hole BA4A consists of alternation of dunite and harzburgite with abundant mafic dikes. The mafic dikes observed in each hole are gabbro to olivine gabbro, and sometimes wehrlitic. Brown to pale brown hornblende is usually included in almost all lithology. Phlogopite is also present in association with hornblende. Chromian spinel in an olivine-gabbro sample from the BA4A is characterized by high $Fe^{3+}/(Cr + Al + Fe^{3+})$ ratio (>0.15) and intermediate TiO_2 content (1–2 wt.%), which are comparable with those in island arc basalts. In the contact between the mafic dikes and peridotite, orthopyroxene is formed as a reaction product between the mantle peridotite and mafic melt. The petrological characteristics of the mafic dikes indicate that they crystallized from hydrous, oxidized magmas, which imply that the intrusion event occurred in a convergent margin rather than a typical spreading axis.

キーワード：国際陸上科学掘削計画、オマーンオフィオライト、マントルかんらん岩、苦鉄質岩脈
Keywords: ICDP, Oman ophiolite, Mantle peridotite, Mafic dike

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A07 東京ベイ幕張ホール

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)、座長:森下 知晃(金沢大学)、道林 克禎

ハードロック掘削計画が進展している．本セッションでは，オマーン掘削プロジェクトを中心としてICDPならびにIODPの掘削プロジェクトの成果発表を期待する．さらに，掘削研究にこだわらず，関連するオフィオライト研究などの野外研究や実験研究等の発表の機会となることも期待したい．

10:45 ~ 11:00

[SCG49-12] ちきゅう船上のXCTデータによる超マフィック岩の構造解析

*道林 克禎[1]、柿畑 優季[1]、片山 郁夫[2]、岡本 敦[3]、岡崎 啓史[4]、Peter Kelemen[5]、高澤 栄一[6]、Damon Teagle[7]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[8] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.広島大学、3.東北大学、4.JAMSTEC 高知コアセンター、5.コロンビア大学、6.新潟大学、7.サウサンプトン大学、8.ICDP)

11:00 ~ 11:15

[SCG49-13] Petrophysical characteristics of serpentinized peridotites of Hole BA1B, BA3A and BA4A

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Laura Crispini[3]、Bjorn Jamtveit[4]、Samuel Barbier[5]、Joe Aslin[6]、Manuel Menzel[7]、Marguerite Godard[8] (1.静岡大学大学院総合科学技術研究科、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.ジェノバ大学、4.オスロ大学、5.リヨン第1大学、6.リバプール大学、7.アンダルシア地球科学研究所、8.モンペリエ大学)

11:15 ~ 11:30

[SCG49-14] Physical properties of the Moho TZ: Implications from ICDP Oman Drilling Project Phase I & II on-board measurements

*阿部 なつ江[1,12]、岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、Ildefonse Benoit[3]、Ole Ulven[4]、Hong Gilbert[5]、Zhu Wenlu[6]、Cordonnier Benoit[4]、道林 克禎[7]、高澤 栄一[8]、Harris Michell[10]、Teagle Damon[11]、ケレメン ピーター[9]、Godard Marguerite[3]、Matter Jurg[11]、Coggon Jude[11]、Scientific Party Oman Drilling Project (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.広島大学、3.モンペリエ大学、4.オスロ大学、5.ソウル大学、6.メリーランド大学、7.名古屋大学、8.新潟大学、9.コロンビア大学、10.プリマス大学、11.サウザンプトン大学、12.金沢大学)

11:30 ~ 11:45

[SCG49-15] Oman Drilling Project Phase IIから採取されたハルツバージャイトの高圧条件下における地震波異方性

*畠山 航平[1]、片山 郁夫[1]、阿部 なつ江[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:45 ~ 12:00

[SCG49-16] 海洋底の拡大モードと海洋地殻構造の解明〜ハワイ沖モホール候補地における深海掘削

*海野 進[1]、森下 知晃[1]、山下 幹也[2]、石塚 治[3] (1.金沢大学理工研究域自然システム学系、2.（独）海洋研究開発機構、3.産総研・地質調査総合センター)

12:00 ~ 12:15

Discussion

ちきゅう船上のXCTデータによる超マフィック岩の構造解析
Structural analyses of ultramafic rocks used by X-ray CT core imaging (Oman Drilling Project Phase 2, D/V CHIKYU)

*道林 克禎[1]、柿畑 優季[1]、片山 郁夫[2]、岡本 敦[3]、岡崎 啓史[4]、Peter Kelemen[5]、高澤 栄一[6]、Damon Teagle[7]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[8]
*Katsuyoshi Michibayashi[1], Yuki Kakihata[1], Ikuo Katayama[2], Atsushi Okamoto[3], Keishi Okazaki[4], Peter B Kelemen[5], Eiichi TAKAZAWA[6], Damon A H Teagle[7], Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[8]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 広島大学、3. 東北大学、4. JAMSTEC 高知コアセンター、5. コロンビア大学、6. 新潟大学、7. サウサンプトン大学、8. ICDP
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Hiroshima University, 3. Tohoku University, 4. KCC, JAMSTEC, 5. Columbia University of New York, 6. Niigata University, 7. Southampton University, 8. ICDP

X-ray computed tomography (X-ray CT) images were obtained on all cores drilled during Oman Drilling Project (OmanDP) Phase 2 (Holes CM1A, CM2B, BA1B, BA3A and BA4A) as a routine part of the IODP measurement protocol onboard D/V Chikyu. X-ray CT scanning enables the non-destructive observation of the internal structure of the core, providing information about chemical composition and density. The data are useful for assessing sample locations and quality. X-ray CT images can be used for 3D fabric analyses even after core has been cut in half and subsampled for other analyses.

The X-ray CT scanner (Discovery CT 750HD, GE Medical Systems) scans and reconstructs an image of a 1.4 m section in 10 minutes and produces a series of scan images, each 0.625 mm thick. The X-ray source and detector are installed inside of the gantry opposite each other. The excitation voltage and current for X-ray tube are 140kV and 100 mA, respectively.

Core samples are scanned in the gantry with a scanning rate of 20 mm/sec. The distribution of attenuation values mapped to an individual slice comprises the raw data that are used for subsequent image processing. Successive two-dimensional (2D) slices of 512 x 512 pixels yield a representation of attenuation values in three-dimensional (3D) voxels of 512 x 512 by ~1600 in length. Data generated for each core consist of core-axis-normal planes (XY planes) of X-ray attenuation values with dimensions of 512 ×512 pixels in 9 cm ×9 cm cross-section, with a resolution of 0.176 mm/pixel.

X-ray intensity varies as a function of X-ray path length and the linear attenuation coefficient (LAC) of the target material, which is a function of the chemical composition and density of the target material. The basic measure of attenuation, radiodensity, is the CT number given in Hounsfield units (HU). CT numbers of air and water are -1000 and 0, respectively.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CT numbers of OmanDP cores reveal structural features such as the attitude of foliation in primary peridotites, defined by spinel and orthopyroxene crystal shape. Combined with microstructural analyses such as EBSD mapping, we can study petrophysical properties of the uppermost mantle in the mantle section. Moreover, comparing with density profiles measured onboard, we can also estimate the degree of serpentinization in core from Holes BA1B, BA3A and BA4A, ranging from 80 to almost 100%. Profiles of the degree of serpentinization with depth may provide insight into ongoing serpentinization processes.

キーワード：オマーン、XCT、構造解析、蛇紋岩化作用
Keywords: Oman, XCT, Structural Analyses, Serpentinization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Petrophysical characteristics of serpentinized peridotites of Hole BA1B, BA3A and BA4A

*柿畑 優季[1]、道林 克禎[2]、Laura Crispini[3]、Bjorn Jamtveit[4]、Samuel Barbier[5]、Joe Aslin[6]、Manuel Menzel[7]、Marguerite Godard[8]
*Kakihata Yuki[1], Katsuyoshi Michibayashi[2], Laura Crispini[3], Bjorn Jamtveit[4], Samuel Barbier[5], Joe Aslin[6], Manuel Menzel[7], Marguerite Godard[8]

1. 静岡大学大学院総合科学技術研究科、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. ジェノバ大学、4. オスロ大学、5. リヨン第1大学、6. リバプール大学、7. アンダルシア地球科学研究所、8. モンペリエ大学
1. Graduate School of Science, Shizuoka University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. University of Genova, 4. University of Oslo, 5. Claude Bernard University Lyon 1, 6. University of Liverpool, 7. Andalusian Earth Science Institute, 8. Géosciences Montpellier, CNRS, Univ. Montpellier

Structural characteristics within peridotites of Hole BA1B, BA3A and BA4A have been described during the Oman Drilling Project Phase 2 from 5th August to 3rd September, 2018 on D/V Chikyu. The peridotites consisted of intensely serpentinized harzburgite and dunite, which exhibited foliations defined by elongation and alignment of constituent minerals. Crystal plastic fabrics in harzburgite were described prior to those in dunite because orthopyroxene grains are clearer than spinel grains in serpentinized peridotites at macro scale.

Harzburgites in BA1B show variously deformed textures ranging from pophyroclastic to protomylonitic textures in dependent on the depth. In BA3A, harzburgites with protogranular texture were observed in relatively shallow sections (10-90 m), whereas porphyroclastic to strongly foliated textures were dominant in deeper sections. Most of hartzburgites in BA4A show porphyroclastic texture, partly clear foliation and protomylonitic textures by strongly elongated orthopyroxene grains. Dip angles of measured foliations in BA1B are mostly 0-20˚, which are nearly horizontal. Most of dip angles in BA3A are at around 30˚, up to 50˚. In BA4A, dip angles of orthopyroxene grains take various values between 10-50˚. In BA3A and BA4A show similar dip angles, but significantly steeper than those in BA1B. In each hole, dip angles were nearly constant independent on the depth.

Pyroxene and spinel grains in strongly foliated to protomylonitic peridotites are intensely elongated and aligned, exhibiting clear foliation at thin section scale. In protogranular peridotites, pyroxene and spinel grains have rounded shapes and are not elongated and aligned, and foliations are unclear. Elongated pyroxene and olivine grains in protomylonitic peridotites show kink bands and wavy extinction, whereas few rounded pyroxene grains in protogranular peridotites show these features.

キーワード：オマーン掘削プロジェクト、かんらん岩、変形組織
Keywords: Oman Drilling Project, Peridotite, Crystal plastic fabric

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical properties of the Moho TZ: Implications from ICDP Oman Drilling Project Phase I & II on-board measurements

*阿部 なつ江[1,12]、岡崎 啓史[1]、片山 郁夫[2]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、Ildefonse Benoit[3]、Ole Ulven[4]、Hong Gilbert[5]、Zhu Wenlu[6]、Cordonnier Benoit[4]、道林 克禎[7]、高澤 栄一[8]、Harris Michell[10]、Teagle Damon[11]、ケレメン ピーター[9]、Godard Marguerite[3]、Matter Jurg[11]、Coggon Jude[11]、Scientific Party Oman Drilling Project
*Natsue Abe[1,12], Keishi Okazaki[1], Ikuo Katayama[2], Kohei Hatakeyama[2], Yuya Akamatsu[2], Benoit Ildefonse[3], Ulven Ivar Ole[4], Gilvert Hong[5], Wenlu Zhu[6], Benoit Cordonnier[4], Katsuyoshi Michibayashi[7], Eiichi TAKAZAWA[8], Michell Harris[10], Damon Teagle[11], Peter Kelemen[9], Marguerite Godard[3], Jurg Matter[11], Jude Coggon[11], Oman Drilling Project Scientific Party

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 広島大学、3. モンペリエ大学、4. オスロ大学、5. ソウル大学、6. メリーランド大学、7. 名古屋大学、8. 新潟大学、9. コロンビア大学、10. プリマス大学、11. サウザンプトン大学、12. 金沢大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Hiroshima University, 3. Universitè de Montpellier, 4. University of Oslo, 5. Seoul National University, 6. University of Maryland, 7. Nagoya University, 8. Niigata University, 9. Columbia University, 10. Polymouth University, 11. University of Southampton, 12. Kanazawa University

We report physical property measurements of core samples from the Samail ophiolite in Oman, drilled by the ICDP Oman Drilling Project. Onboard core logging was conducted on D/V Chikyu for 4 months in total in the summers of 2017 and 2018. We analyzed 4 holes (GT1A, GT2A, GT3A and BT1B) in 2017, and 5 holes (CM1A, CM2B, BA1B, BA3A and BA4A) in 2018. The total core length of those 9 holes is about 3200 m. Cores from Holes GT1A and GT2A in the lower crust section of the ophiolite are mainly composed of gabbros (gabbro and olivine gabbro), with small amounts of ultramafic rocks (wehrlite and dunite), whereas those from Hole GT3A at the boundary between the sheeted dikes and gabbro are mainly composed of basalt and diabase, followed by gabbros (gabbro, olivine gabbro and oxide gabbro). Minor felsic trondhjemite and tonalite dikes intrude the mafic rocks. In contrast, Hole BT1B penetrated from mantle section through the basal thrust and into the metamorphic sole. The CM holes were drilled through the crust-mantle transition, from gabbroic lower crust, through dunite with minor gabbros, and in to residual mantle harzburgite. BA holes were taken from the mantle section and are composed of dunite and harzburgite intruded by minor gabbroic and pyroxenite dikes. Ultramafic rocks at both sites were extensively serpentinized, but the names of igneous protoliths are used here.

Whole-round data, including X-ray CT images, natural gamma radiation (NGR), gamma ray attenuation (GRA) density, magnetic susceptibility (MS), P-wave velocity (Vp) and noncontact electrical resistivity were obtained. Split core color spectroscopy data were also collected. Magnetic susceptibility, electrical resistivity under both nominally dry and brine-saturated conditions, P-wave velocity, bulk/grain density, porosity and thermal conductivity were measured in discrete samples. Nearly 100% core recovery allowed us to take a large data set of petrophysical data on the cores from Oman ophiolite including fault zones and highly altered intervals.

Generally, gabbroic rock types have higher density, P-wave velocity, and electrical resistivity, and lower porosity than ultramafic lithologies. Serpentinized dunite have lower density, P-wave velocity and electrical resistivity, and higher porosity than serpentinized harzburgite, and these physical properties are correlated with magnetic susceptibility, probably due to crystallization of magnetite during alteration. Average X-ray CT values are also correlated with many other physical properties in most lithologies. Those physical property data and the lithological characteristics of the Moho transition zone in the Oman

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ophiolite revealed apparent difference and similarities with the oceanic data, especially in the seismic profiles from the oceanic plate. In this paper, we would like to compare the data from ocean drilling, Oman Drilling and seismic profiles.

キーワード：陸上掘削、オマーン掘削、オフィオライト、モホ遷移帯、海洋地殻
Keywords: ICDP, Oman Drilling Project, ophiolite, Moho TZ, Oceanic crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Oman Drilling Project Phase IIから採取されたハルツバージャイトの高圧条件下における地震波異方性

Seismic anisotropy under high pressure conditions of harzburgite collected from Oman Drilling Project Phase II

*畠山 航平[1]、片山 郁夫[1]、阿部 なつ江[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party
*Kohei Hatakeyama[1], Ikuo Katayama[1], Natsue Abe[2], The Oman Drilling Project Phase II Science Party

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Department of earth and planetary systems science, Hiroshima University , 2. JAMSTEC

オマーンオフィオライトの陸上掘削計画であるOman Drilling Project Phase IIでは，かつての海洋マントルに相当する掘削が行われた．これらのコア記載が掘削船ちきゅう船内で行われ，大気圧下で測定されたハルツバージャイトのP波速度は掘削孔の深さ方向（Z方向）が直交する2方向(X, Y方向)よりも遅い傾向が見られ、4%程度の異方性を示した(ChikyuOman2018)．海洋マントルではカンラン石の選択配向が原因と考えられる異方性が観測される一方で，オフィオライトのハルツバージャイトのカンラン石はほとんど蛇紋石に置換されており，輝石の選択配向による異方性が示唆される．また、空隙が選択配向している場合においても弾性波速度に異方性を生じ，間隙流体の種類によって異方性の大きさは変化する(Anderson et al., 1974)．大気圧下での測定ではこれらの要因が混在しているため、掘削試料における異方性の支配的要因は明らかにされていない．そこで本研究ではOman Drilling Projectから採取されたハルツバージャイトの弾性波速度を高封圧下で測定し、空隙が閉鎖した条件下での異方性を調べる．

実験試料にはOman Drilling Project Phase II のHole BA1BおよびHole BA3Aから採取されたハルツバージャイトを用いる．これらの試料の密度および空隙率は2.60ー2.64 g/cm^3，0.5%ー1.0%である．実験には広島大学設置の容器内変形透水試験機を使用し，弾性波速度はZ方向とそれに直交するY方向を測定する．実験手順は，無水条件の速度を測定した後，間隙水を注入した含水条件の測定を連続して行なう．どちらの条件においても封圧200 MPaまでの測定を行い、間隙水圧はシリンジポンプを使用することで一定（10 MPa）に制御する．弾性波速度は電圧5 V，周波数2 MHzの1周期の正弦波を印加するパルス透過法からP波とS波を測定する．

Hole BA3Aの試料を用いた予察的な実験では，封圧200MPaの無水条件においてY方向のP波速度とS波速度は5.86 km/s，3.03 km/s，Z方向では5.49 km/s，2.95 km/sを示した．異方性はP波速度で6.5%，S波速度で2.7%であり，高封圧条件下においても顕著な異方性が認められた．これらの結果から弾性波速度の異方性は鉱物の選択配向が支配的である可能性が高い．

キーワード：オマーンオフィオライト陸上掘削、ハルツバージャイト、異方性、選択配向、輝石、クラック
Keywords: Oman Drilling Project, Harzburgite, Anisotropy, Preferred orientation, Pyroxene, Crack

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋底の拡大モードと海洋地殻構造の解明～ハワイ沖モホール候補地における深海掘削

Understanding of the mode of seafloor spreading and the architecture of upper oceanic crust by oceanfloor drilling at off-Hawaii MoHole candidate site

*海野 進[1]、森下 知晃[1]、山下 幹也[2]、石塚 治[3]
*Susumu Umino[1], Tomoaki Morishita[1], Mikiya Yamashita[2], Osamu Ishizuka[3]

1. 金沢大学理工研究域自然システム学系、2. （独）海洋研究開発機構、3. 産総研・地質調査総合センター
1. Department of Earth Sciences, Kanazawa University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Geological Survey of Japan, AIST

Understanding how seafloor spreading and mantle melting are linked to ocean crust architecture is Challenge 9 of the IODP Science Plan for 2013-2023 and is one of the major goals of the mantle drilling project MoHole to Mantle (M2M). Deep basement drilling is skewed to young and slow-spread crust, with a wide gap of crust age between 20 and 110 Ma, including the world average of 62.5 Ma and spreading rate of 7.6 cm/a. Among the three candidate sites of M2M, only off-Hawaii site can provide the information of oceanic crust of the missing age and spreading rate. We propose a deep drilling off-Hawaii to penetrate through the upper crust and into the gabbros to understand the architecture and governing processes of the upper oceanic crust.

ODP Holes 504B and 1256D have brought invaluable information and fruitful insight into the architecture and formation processes of the upper oceanic crust.

Hole 504B is the deepest drill hole that penetrated 1815 m into 6.9-Ma basement formed at an intermediate rate of 6.6 cm/a at the Costa Rica Rift (Dick et al., 1992). The 504B upper crust, consisting of less dense extrusive rocks underlain by denser sheeted dikes than their source magmas, yields an apparent level of neutral buoyancy that traps accreted magma as dike intrusions. Thus, the 504B crust relaxes stress induced by plate movement and extends by both fault displacement and dike intrusions, which leads to development of rugged summit and axial troughs.

On the contrary, the 15-Ma 1256D crust, formed at the East Pacific Rise, has a distinctly high extrusive to intrusive ratio (814 m / 343 m) compared to that of the 504B crust (780 m / >1056 m). As is expected for the ultrafast spreading rate of 22 cm/a, the extrusive rocks are dominantly of massive and lobate sheet flows, which are as dense as the extruding magma (Umino et al., 2008). This results crust without an apparent level of neutral buoyancy and the persistently over pressurized axial magma chamber (AMC). Only a small increase in magmatic pressure or reduction in horizontal stress leads to dike intrusions followed by eruptions. Conversely, extension of the 1256D upper crust was primarily accomplished by dike intrusions without large faults.

These examples articulate how the density structures of upper crust partition magma into extrusive and intrusive rocks and form characteristic architectures.

Density structures are intimately correlated with magma budget, the amount of magma supplied and

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

consumed to keep the same cross-sectional area of the ridge for a time scale of 100 ky.

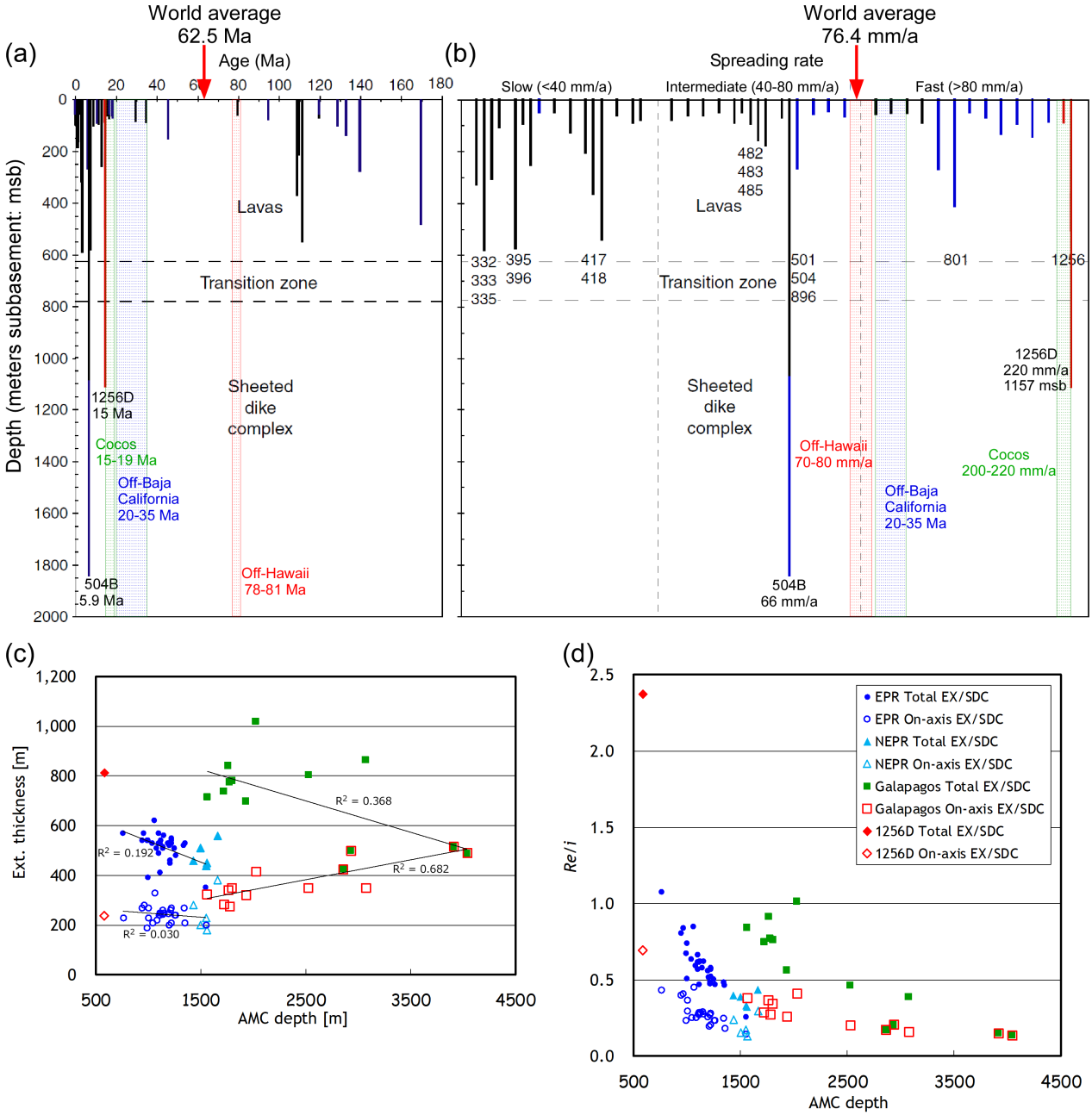
The Galapagos Spreading Center (GSC) shows thickening on-axis and thinning total extrusive rocks with AMC depth, indicating axial valleys develop to trap thick on-axis flows with deepening AMC and decreasing magma budget (Blacic et al., 2004). For the GSC spreading rate of 4.5–5.5 cm/a, more than 50 % of flows in the axial valleys are pillows. Consequently, the GSC is underlain by less dense pillows interbedded with fault breccias. The density structure of this crust is essentially the same as the 504B crust.

Likewise, the magmatically robust East Pacific Rise (EPR) shows a negative correlation of total extrusive thickness and AMC depth, while on-axis flow thickness remains constant (Hooft et al., 1996, 1997). Accordingly, the axial troughs do not develop, and the upper crust extends mainly by dikes intrusions. This is facilitated by the presence of dense extrusive rocks comprising more than 80 % sheet flows, considering the spreading rates of 11–14 cm/a, primarily the same as the 1256D crust.

How two types of upper crust architecture change from one type to the other is yet to be understood. If any critical threshold that distinguishes two crust types exists, it would reside in the crust with a spread rate between 7 cm/a and 10 cm/a. The off-Hawaii crust spread at 7–8 cm/a will provide a missing link that connects the two crust architectures and brings us thorough understanding of the seafloor spreading.

キーワード：深海掘削、モホール、ハワイ沖サイト、海洋地殻構造、密度構造、プレート拡大
Keywords: Oceanfloor Drilling, MoHole, Off-Hawaii site, Upper crust architecture, Density structure, Plate spreading

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Above: Ocean drill holes deeper than 50 m into the oceanic basement plotted against the basement age (a) and categorized on the basis of spreading rate that formed the basement crust (b). World average age and spreading rate are based on the 3.6 min grid data from EarthByte agegrid 2008 (Muller et al., 2008).
Below: Extrusive thickness (c) and Re/i (ratio of extrusive to intrusive thickness) (d) plotted against the AMC depth for the present GSC and EPR segments and the 15-Ma 1256D crust. Solid and open symbols are data based on total and on-axis extrusive thicknesses.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

ハードロック掘削計画が進展している．本セッションでは，オマーン掘削プロジェクトを中心としてICDPならびにIODPの掘削プロジェクトの成果発表を期待する．さらに，掘削研究にこだわらず，関連するオフィオライト研究などの野外研究や実験研究等の発表の機会となることも期待したい．

[SCG49-P01] 比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.オスロ大学、4.ソウル国立大学、5.メリーランド大学、6.名古屋大学、7.モンペリエ大学、8.コロンビア大学)

[SCG49-P02] オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構)

[SCG49-P03] Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.海洋研究開発機構、2.広島大学、3.新潟大学、4.サウサンプトン大学、5.コロンビア大学)

[SCG49-P04] オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2] (1.金沢大学、2.産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SCG49-P05] Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4.名古屋大学、5.九州大学)

[SCG49-P06] The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学大学院、2.新潟大学理学部、3.JAMSTEC)

[SCG49-P07] Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター)

[SCG49-P08] 層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3] (1.東北大学、2.鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3.Oman Drilling Project Phase 2 Science Party)

[SCG49-P09] X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6] (1.名古屋大学理学部地球惑星科学科、2.コロンビア大学、3.モンペリエ大学、4.新潟大学、5.サウサンプトン大学、6.ICDP)

[SCG49-P10] 東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討

*安井 茜[1]、星出 隆志[1] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科)

[SCG49-P11] Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学、3.ソウル大学校)

[SCG49-P12] Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SCG49-P13] 静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル
Permeability profile in the Oman Drilling Project inferred from resistivity measurements

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Ikuo Katayama[1], Keishi Okazaki[2], Natsue Abe[2], Ole Ivar Ulven[3], Gilbert Hong[4], Wenlu Zhu[5], Benoit Cordonnier[3], Kohei Hatakeyama[1], Yuya Akamatsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[6], Marguerite Godard[7], Peter Kelemen[8], Science Party The Oman Drilling Project Phase 2

1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. オスロ大学、4. ソウル国立大学、5. メリーランド大学、6. 名古屋大学、7. モンペリエ大学、8. コロンビア大学
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC, 3. University of Oslo, 4. Seoul National University, 5. University of Maryland, 6. Nagoya University, 7. Universitè Montpellier, 8. Columbia University

Permeability is a key property that controls heat and chemical exchange in the oceanic lithosphere as well as microbial activity in the sub-seafloor. Although direct measurements of permeability were not made on board D/V Chikyu during analysis of cores from the Oman Drilling Project, we estimated permeability profiles based on onboard measurements of electrical resistivity. For each core sample, we measure its resistivity at nominally dry conditions to obtain the dry resistivity. We then saturate the sample with NaCl solution (3.5g/L) and repeat the resistivity measurements at brine-saturated conditions to obtain the wet resistivity. Owing to the conductive brine in the pore space, the wet resistivity is systematically lower than dry resistivity. Because the difference between dry and wet resistivity is predominantly controlled by the movement of dissolved ions in the brine that occupied the pore space, we can use the resistivity data to infer the volume fraction of pores that contribute to electrical transport (termed “transport porosity”). We apply the Hashin-Shtrikman upper bound to estimate transport porosity. The estimated transport porosity shows a positive correlation with bulk porosity measured on board (MAD analysis), but is approximately one order of magnitude lower. Using an empirical cubic law between transport porosity and permeability, we produce estimated permeability profiles for the crust-mantle transition zone and the serpentinized mantle sections in the Hole CM1A, BA1B, BA3A and BA4A. The results indicate, (1) the gabbro sequence exhibits a markedly lower permeability than the underlying mantle sequence, (2) serpentinized dunites have higher permeability compared to serpentinized harzburgites, and (3) the general variation of discrete sample permeability is correlated with fault zone and intervals with abundant fractures. These permeability structures are most likely modified by alteration and juxtapositions, and do not represent the in-situ profile of the oceanic lithosphere; but this technique can be applicable to infer on-board permeability in future hard rock drilling.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

Relationship between alteration intensity and elastic wave velocity of gabbroic rocks from ICDP Hole CM1A, Oman Drilling Project Phase II

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party
*Kosuke Kimura[1], Ikuo Katayama[1], Kohei Hatakeyama[1], Yuya Akamatsu[1], Natsue Abe[2], Keishi Okazaki[2], The Oman Drilling Project Phase II Science Party

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 海洋研究開発機構
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC

The mafic to ultramafic rocks suffer metamorphism and metasomatism by the seafloor hydrothermal activities. These alterations can influence the elastic wave velocity due to the change of mineral assemblages during the ocean floor metamorphism. However, most previous studies have measured the elastic wave velocity of relatively unaltered samples. In this study, we measured elastic wave velocity of the altered gabbro from the Semail ophiolite collected from the Oman Drilling Project Phase II in order to estimate the effect of ocean floor metamorphism on the elastic wave velocity.

Gabbro samples were collected from CM1A site that is reported to be a layered gabbro sequence. Total seven samples those have different alteration intensity were measured. We use intra-vessel deformation and fluid flow apparatus at Hiroshima University to measure elastic wave velocity under confining pressure up to 200 MPa. Elastic wave velocity was measured by the pulse transmission method, with the amplitude and the frequency of a trigger wave of 5 V and 2 MHz, respectively. After measurements under dry condition, measurements under wet conditions injecting pore water were performed (P_P = 10 MPa). Alteration intensity is recognized by the relative abundances of the secondary minerals.

On the basis of the petrography, alteration group could be divided into four types. First type is almost fresh, olivine altered to serpentine and chlorite partially with less green minerals present. Second type has saussuritized plagioclase dominantly and also some sample shows alteration of clinopyroxene to amphibole. In the third type amphibolitization of clinopyroxene is dominant, and also saussuritization of plagioclase occur. Fourth type is the most altered sample showing alteration halo along the veins. Almost of the minerals are changed to prehnite except a few relict clinopyroxene. This type has higher porosity than other types.

Sample density ranges from 2.77-3.08 g/cm^3, and porosity ranges from 0.02-0.22% except ca. 1% from halo alteration sample. Data from these samples show a trend that elastic wave velocities (V_P and V_S) increase with increasing the confining pressure from 20 to 200 MPa. V_P increases from 5.68-6.80 to 6.16-6.91 km/s, V_S slightly increases from 3.65-3.97 to 3.69-3.99 km/s and V_P/V_S is almost constant ranging between 1.56-1.86 to 1.64-1.88 under dry condition, and on the other hand, V_P increases from 6.08-6.82 to 6.31-6.93 km/s, V_S slightly increases from 3.64-3.98 to 3.69-4.00 km/s and V_P/V_S is almost constant 1.67-1.86 to 1.68-1.87 under fluid-saturated condition, respectively. This result is mostly consistent with the layered gabbro occur in a normal oceanic crust (e.g. White et al., 1992; Shinohara et al., 2008).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

At 200 MPa and under dry condition, V_P moderately decreases with increase in alteration intensity. About 0.75 km/s decreases in response to the increase in alteration intensity from 10 to 80 %. Comparing dV_P (difference in calculated and measured values) from the back-calculated original mineral assemblages of gabbro and peridotite reveled that the decrease in dV_P for the former is less than the latter. Moreover, both the curves of V_P and impedance change cross-over each other for gabbro and peridotite after nearly 50% of alteration.

From the above results, we suggest that if both gabbro and peridotite suffer more than 50% alteration, reversal of seismic velocity and impedance occurs, which effectively would affect the determination of geophysical Moho.

Reference: White et al. (1992) J. Geophys. Res. 97, 19,683-19,715. Shinohara et al. (2008) Phys. Earth Plan. Inter., 170, 95-106. Christensen (2004) Inter. Geol. Rev., 46, 795-816.

キーワード：オマーンオフィオライト、斑れい岩、弾性波速度、変質
Keywords: Oman ophiolite, Gabbroic rocks, Elastic Wave Velocity, alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Keishi Okazaki[1], Natsue Abe[1], Kohei Hatakeyama[2], Yuya Akamatsu[2], Ikuo Katayama[2], Eiichi TAKAZAWA[3], Damon A H Teagle[4], Peter B Kelemen[5], Jude Coggon[4], The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

1. 海洋研究開発機構、2. 広島大学、3. 新潟大学、4. サウサンプトン大学、5. コロンビア大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Hiroshima University, 3. Niigata University, 4. University of Southampton, 5. Columbia University

To understand physical properties of the oceanic crust and the mantle is fundamentally important to reveal the dynamics of plate tectonics, and the global circulations of H_2O and CO_2 fluids. We report results on physical property measurements of core samples from Oman Drilling Project (OmanDP) Holes CM1A and CM2B, which drilled from the lower igneous crust into the upper mantle in the Samail Ophiolite, Sultanate of Oman.

X-ray CT, bulk/grain density, porosity, magnetic susceptibility, P-wave velocity, electrical resistivity and thermal conductivity were measured onboard D/V Chikyu using whole-round cores and discrete samples for core sections from CM1A and CM2B.

The paleo-Moho in CM1A may not preserve the original structure due to minor faulting, possibly during obduction. The gabbro-dunite transition (paleo-Moho) in Hole CM1A is characterized by a sharp change in physical property data. For example, P-wave velocity decreases from ~6.7 km/s in the layered gabbro sequence to ~4.9 km/s in the MTZ. Low P-wave velocity and density (~2.6 g/cm^3) in serpentinized dunites reflect the fact that olivine in the dunites is almost completely serpentinized. Serpentinization could have occurred during hydrothermal alteration near the spreading ridge axis, during subduction of 100’s of km of oceanic crust and sediment beneath the ophiolite, during obduction onto the Arabian continental margin, and/or during present-day weathering. In contrast to the paleo-Moho, the boundary between the Crust-Mantle Transition (CMT) sequences (i.e., dunites and dunites with gabbro lenses) and the underlying, residual mantle harzburgites is somewhat gradual. P-wave velocity gradually increases from ~4.9 km/s for dunite in the CMT to ~5.5 km/s for harzburgite in the mantle sequence. The thickness of the CMT is 50–70 m in Holes CM1A and CM2B. We also report on correlations between physical properties, especially electrical conductivity and magnetic susceptibility, and the fault intensity and alteration intensity from the core descriptions.

キーワード：オフィオライト、マントル、海洋地殻、モホ面
Keywords: ophiolite, mantle, oceanic crust, moho

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

Microstructures of lower crust gabbros from the Oman Ophiolite: Analyses of the drilled cores of the Oman Drilling Project

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2]
*Koki Iida[1], Takahiro Fudai[1], Susumu Umino[1], Yuki Kusano[2]

1. 金沢大学、2. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター
1. Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan

Oman Drilling Project in 2016 to 2017 recovered 400 m long cores of layered gabbros at Site GT1 in the Wadi Tayin Massif of the Oman Ophiolilte. The purpose of this research is to describe microstructures of the layered gabbro core samples and to discuss the conditions of magmatic and hypersolidus deformation that operated in the lower crust beneath the Oman paleoridge.

Core samples were cut into slabs parallel to foliation and slabs normal to foliation and parallel to lineation, which were made into thin sections for microscopic observations. Structural fabrics and the relationships between crystal shapes and alliginment were described to identify magmatic and hypersolidus deformation structures.

Cored samples are predominantly olivine gabbros consisting of anhedral olivine, anhedral to subhedral clinopyroxene and subhedral to euhedral plagioclase. Grain size ranges from 0.5 mm to a few millimeters irrespective of mineral species.

The structures shown by the gabbros are classified into three regimes by temperature or the amount of melt present: Regime I, magmatic conditions without or minimal plastic deformation; regime Ⅱ, plastic deformation assisted by interstitial melt (Dunn, 2000); regime Ⅲ, near solidus deformation. Regime Ⅱ is identified by ameboid grain boundaries with no intracrystalline deformation and equigranular textures, resulted from decreasing internal strain energy by at high temperatures. The presence of melt is evidenced by the clear euhedral plagioclase rims with resorbed turbid cores as discussed below.

Regime I. Magmatic structures are identified as modal layering due to changes in mineral mode, no preferred orientation or shape-preferred orientation of clinopyroxene and plagioclase, poikilitic texture of olivine enclosing plagioclase laths and ophitic texture of clinopyroxene including plagioclase laths.

Regime II. The hypersolidus deformation structures overprint igneous structures: ameboid olivine with or without strain in the crystal, elongated olivine, and lenticular aggregates of olivine grains with an asymmetric quarter structure. Single clinopyroxene crystals show an asymmetric quarter structure like olivine aggregates. Ophitic clinopyroxenes consist of subgrains with slightly different orientations <10˚. Plagioclase shows deformation twin and undulose extinction. Equigranular fine-grained plagioclase with grain boundaries intersecting at 120˚ are common. Large plagioclases have a resorbed core with a wavy outline and are surrounded by euhedral rim.

Regime III. Subsolidus recrystallization includes buldging and grain boundary migration resulted in ameoboid grain boundaries of clinopyroxene. Undulose extinction and kinked twinning of plagioclase are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observed.

It is well known that mid-ocean ridge basalt magma commonly crystallizes in the order of olivine, plagioclase and clinopyroxene, which is also true for the gabbros of the Oman Ophiolite (Adachi and Miyashita, 2003). Nevertheless, only plagioclase shows euhedral to subhedral shapes in the observed layered gabbro core samples. Deformed olivine aggregates and clinopyroxene with quarter structures are embedded in plagioclase with equilibrium granoblastic textures and large euhedral plagioclases with resorbed turbid cores. Considering these textures combined with the mechanical strength of the three constituent minerals, these gabbros suffered deformation under the presence of melt, which assisted complete recovery of strain through recrystallization of fine-grained plagioclase and overgrowth of euhedral rims around magmatic plagioclase cores. Poikilitic olivine occurs through the hole, whereas ophitic Cpx occurs at 73 m and 220 m in depth. Most deformation structures of regime II are present irrespective to depth. The asymmetric structures of olivine and clinopyroxene were used to determine the relative sense of shear. Both dextral and sinistral sense of shear are observed within the same samples.

キーワード：オマーンオフィオライト、オマーン掘削計画、層状ガブロ、フォリエイテッドガブロ、微細構造、下部地殻
Keywords: Oman ophiolite, Oman Drilling Project , Layered gabbro , Foliated gabbro , Microstructures , Lower crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5]
*Kaho Takahashi[1], Eiichi TAKAZAWA[2,3], Katsuyoshi Michibayashi[4], Kakihata Yuki[4], Ryoko Senda[5]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科、3. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4. 名古屋大学、5. 九州大学
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 3. JAMSTEC, 4. Nagoya University, 5. Kyushu University

In this study, we conducted structural and chemical analysis of oriented samples of 17 harzburgites and 4 dunites collected from the Maqsad area of Samail massif in the southern Oman ophiolite. We investigated the degree of partial melting and the mantle-melt reaction with relation to mantle diapir structure.

The crystallographic preferred orientation (CPO) of olivine grains were measured in highly polished XZ thin sections using a scanning electron microscope equipped with an electron-back scatter diffraction system at Shizuoka University. After plotting the results in the Vp Flinn plot expanded for olivine fabric types [1,2], the fabric type of peridotites in this study are summarized as follows. The distribution of A type is limited in the southeastern part where the diapir structure has been identified [3], whereas D type is dominant in the peripheral part of the diapir. Minor amounts of AG type and E type are also observed in the peripheral part. From these, the olivine in the southeastern part (diapir area) of this study area is likely to have been deformed under high temperature whereas the peripheral part was deformed at slightly lower temperature. The CPOs of olivine in both areas do not show any influence from the presence of H2O except for only one sample with E type CPO. Moreover, strong alignment of [100] to the vertical orientation was observed in the southeastern part (diapir area) of this study area. Since vertical mantle flow has been estimated in this diapir area, our results are consistent with the previous study [3,4].

The Cr# (=Cr/[Cr+Al] atomic ratio) of spinel in the harzburgites and dunites are as high as 0.55-0.58 in the central part of the southeastern part (diapir area) and along the paleo-ridge axis running in the NW - SE direction [3,4]. On the other hand, the Cr# of spinel in the peripheral part is 0.41-0.55 indicating slightly less depleted than in the central part. In addition, the REE abundance of clinopyroxenes in the central part of the diapir area is lower than in the peripheral part being consistent with the distribution of spinel Cr#.

We consider that the upwelling rate in the southeastern part (diapir area) may have been greater than the peripheral part possibly due to higher temperature in the focused vertical mantle flow. This model is consistent with the distribution of the Cr# of spinel: the degree of melting was greater in the diapir area where Cr# of spinel are higher than the peripheral part. The strongly focused pipe-like model for axis location [3,5] is well fitted by our observations in this study.

[1] Karato et al., 2008, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 36, 59-95. [2] Michibayashi, 2015, J. Geography, 124, 397-409. [3] Jousselin et al., 1998, JGR, 103, 18153-18170. [4] Nicolas et al., 2000, Marine Geophys. Res., 21, 147-179. [5] Nicolas and Boudier, 1995, JGR, 100, 6179-6197.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：オマーンオフィオライト、結晶方位定向配列、かんらん石、ファブリック、かんらん岩、マントル流
Keywords: Oman ophiolite, crystalographic preferred orientation, olivine, fabric, peridotite, mantle flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Yuan YAO[1], Eiichi TAKAZAWA[2,3], Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

1. 新潟大学大学院、2. 新潟大学理学部、3. JAMSTEC
1. Graduate School of Sciences& Technology, Niigata University, Japan, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, Japan, 3. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, JAMSTEC, Japan

Melt inclusions are tiny inclusions which trapped in the host magmatic minerals. After trapping, the host mineral can be considered as a closed and isolated system (Roedder, 1984). Thus, melt inclusions behave as time capsules, which record the liquid line of descent of magmatic systems (Frezzotti, 2001). Therefore, melt inclusions can provide important information of the primary melts (Kent, 2008).

We studied the melt inclusions in chromite from a chromitite deposit mine in the north of Maqsad and the core sample from the Oman drilling project phase 2. The silicate inclusions range in diameter from 5 μm to 200 μm, contain pargasite, tremolite, aspidolite, high Cr# (=Cr/[Cr+Al] atomic ratio) chromite, diopside, enstatite, forsterite, grossular, albite, titanite, pentlandite, apatite, chlorite, wollastonite and serpentine. We found the high Cr# chromite occurs as lining of the inclusion, moreover the daughter minerals precipitated in the high Cr# chromite lining. Those phenomenon can be explained by the crystallization of chromite on the wall of inclusion. In addition, this is the first report about the necking down of melt inclusion in chromitite. The necking down of inclusions is an originally large, liquid-filled inclusion divided into smaller inclusions. If the necking down happens after the phase change of inclusion, the compositions of smaller inclusions probably are inhomogeneity. Last year, we conducted the high temperature homogenized experiments, the result showed that the homogenized quenching glass are heterogeneous. We consider the inhomogeneity of inclusions perhaps caused by the necking down. Based above all, we suggest the composition of homogenized inclusion can not represent the parental melt.

To summarize, we suggest before analysis and experiment of inclusions in chromite, the origin and the evolution of inclusions should be carefully studied.

Reference
Frezzotti, M. (2001). "Silicate-melt inclusions in magmatic rocks: applications to petrology." Lithos **55** (1-4): 273-299.
Kent, A. J. R. (2008). "Melt Inclusions in Basaltic and Related Volcanic Rocks." Reviews in Mineralogy and Geochemistry **69** (1): 273-331.
Roedder, E. (1984). Fluid inclusions, Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

キーワード：melt inclusion、Oman、chromitite
Keywords: melt inclusion, Oman, chromitite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3]
*Keisuke ISHII[1], Eiichi TAKAZAWA[2], Akihiro kuriyama[2], Kyouka Someya[2], Yoshihiko Tamura[3]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科、3. 海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University , 3. R&D Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We report the petrology and the mineral compositions of peridotites from the Wadi Tayin massif in the southern Oman ophiolite [1-3] to investigate the influence of arc related magmatism during oceanic thrusting of the ophiolite. Harzburgites, dunites and a small number of lherzolite were systematically corrected along wadis to cover the mantle section from the boundary between lower crust and uppermost mantle namely “Moho” to the basal thrust. Spinel Cr# [=Cr/(Cr+Al) atomic ratio] of harzburgite varies from 0.22 to 0.58 similar to the range in abyssal peridotites [4]. Moreover, it gradually increases from the basal part to the Moho indicating the compositional variation expected for the residual mantle column formed at a mid ocean ridge. On the other hand, the spinel Cr# of dunite often exceeds 0.6 in the NW-SE striking shear zone in the middle part of the study area. The chondrite-normalized rare earth element (REE) patterns of clinopyroxenes in peridotites from the shear zone show a linear pattern that monotonously decreases from heavy REE to light REE (LREE). Calculated melt compositions in equilibrium with these clinopyroxenes are equivalent with the V2 (Type2) lava reported in the northern Oman ophiolite [5-6].

The plots in Cr# of spinel versus Ce/Yb ratio of clinopyroxenes show a linear trend with a positive correlation. It indicates that the LREE enrichment of clinopyroxene is associated with an increase in the degree of melting. Clinopyroxenes in the dunite from the shear zone are most significantly enriched in LREE to middle REE and have REE abundances being in equilibrium with the V2 lava. We consider that harzburgites were suffered from a flux melting by infiltration of H2O-rich fluid producing V2 lava. Comparing to the results from the northern massifs the linear trend in the diagram of Cr# of spinel versus Ce/Yb ratio of clinopyroxenes in the southern massif is obviously shifted toward lower in Cr#. It suggests that the infiltration of H2O-rich fluid may have started at early stage of melting in the Wadi Tayin massif relative to the northern massifs.

[1] Kelemen et al., 1995, Nature, 375, 747-753, [2] Godard al., 2000, EPSL, 180, 133-148, [3] HanghØj et al., 2010, J. Petrol., 51, 201-227, [4] Dick and Bullen, 1984, CMP, 86, 54-76, [5] Godard et al., 2003, G-cubed, 4, 8609, [6] Kusano et al., 2016, Chem. Geol., 449, 206-225.

キーワード：オマーンオフィオライト、マントルセクション、かんらん岩、メルト－固相反応
Keywords: Oman ophiolite, Mantle section, Peridotite, Melt/rock reaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

Numerical simulations for reaction-induced fracture formation of layered gabbro during hydration process

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3]
*Kazuki Yoshida[1], Hiroyuki Shimizu[2], Noriyoshi Tsuchiya[1], Atsushi Okamoto[1], Phase 2 Science Party Oman Drilling Project[3]

1. 東北大学、2. 鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3. Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
1. Tohoku university, 2. Geotechnical Analysis Group, Advanced Analysis Department, Civil Engineering Design Division, Kajima Corporation, 3. Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

Serpentinization of oceanic lithosphere is important for various geological processes, including magmatism and earthquake at subduction zone, and generation of hydrogen and hydrocarbon at seafloor. For understanding the extent of the water infiltration into mantle within the oceanic lithosphere, permeability of the lower crust is an important factor, since gabbro has low permeability at high confining pressure (Katayama et al., 2012). In natural olivine-bearing gabbro, serpentinization of olivine grains produced radial fractures within the plagioclase matrix, which can potentially enhance the permeability (Jamtveit et al., 2008). Based on the numerical simulations using discrete element method (DEM), Jamtveit et al. (2008) shows that fracture network is produced by the volume expansion of olivine grains during hydration. However, their model dos not treat the advective fluid flow explicitly, it is not clear how permeability evolves during such processes. In this study, inspired by the natural textures of olivine gabbro taken from CM1A-7A (Wazi Zeeb, Oman Drilling Project), we conducted the DEM simulation for understanding the feedback of the fluid flow –olivine hydration –fracturing to the layered gabbro, which consists of olivine-rich layer and olivine-poor layer alternately. In particular, we focus on the contrasting fracture patterns between olivine and plagioclase, the evolution and anisotropy of permeability produced by the reaction-induced fracturing within the layered gabbro.

We conducted the two-dimensional DEM model, and the details of the model follows Okamoto and Shimizu (2015) and Shimizu and Okamoto (2016). We consider a simple volume increasing hydration reaction ($A + H_2O \rightarrow B$; 50% volume increase), and the reaction rate is defined as a linear function of fluid pressure. In the model, advective fluid flow occurs through apertures between particles, in response to difference of fluid pressure of individual domains. The rock model is consist of reactive part (it can change from olivine to sperneitne) and non-reactive part (e.g., plagioclase and clnopyronene). The reaction rate constant and aperture width of matrix and fracture are defined based on the non-dimensional numbers based on Shimizu and Okamoto (2016).

Firstly, we conducted the simulations for the model in which a single olivine exists in non-reactive matrix. When fluid is supplied through matrix, hydration of olivine starts, which produces the mesh-like textures inside the olivine grain and radial cracks within the unreactive matrix, which is consistent with those observed in the gabbro sample from CM1A. Second, we conducted a case where several olivine grains exist in matrix. In this case, we found the formation of fracture network that connects among the olivine grains, and positive relationship between the reaction rate and permeability. Finally, we tested the case of the layered structure that consists of olivine-rich layer and olivine-absent layer, and that fluid flows in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

direction perpendicular to the layers. The results of the simulations reveals that the development of vertical fractures in both olivine-rich and non-reactive layers, whereas the horizontal fractures are only developed in the olivine-rich layers. These features of fracture orientation are consistent with the natural observations and indicate that he reaction-induced fracturing could significantly enhance the fluid infiltration through layered gabbro.

References

Katayama I, Terada T, Okazaki K, Tanikawa W (2012) Nat Geosci 5:731–734.

Jamtveit B., Malthe-Sørenssen A., Kostenko O., 2008. Earth Planet. Sci. Lett., 267, pp. 620-627

Okamoto,A.,Shimizu,H., 2015. Earth and Planetary Science Letters 415, 9–18.

Shimizu, H., Okamoto, A., 2016. Contributions to Mineralogy and Petrology, 171, 73.

キーワード：オマーンプロジェクト、層状斑れい岩、透水率、離散要素法、蛇紋岩化作用
Keywords: Oman Drilling Project, layered gabbro, permeability, Discrete Element Method, serpentinization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6]
*Katsuyoshi Michibayashi[1], Peter B Kelemen[2], Margurette Godard[3], Eiichi TAKAZAWA[4], Damon A H Teagle[5], The Oman Drilling Project Science Party[6]

1. 名古屋大学理学部地球惑星科学科、2. コロンビア大学、3. モンペリエ大学、4. 新潟大学、5. サウサンプトン大学、6. ICDP
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Columbia University, 3. Université Montpellier, 4. Niigata University, 5. Southampton University, 6. ICDP

The Oman Drilling Project (OmanDP) has drilled >3,200 meters of the Oman ophiolite during Phases 1 and 2 in Holes GT1A, GT2A, GT3A, BT1B, CM1A, CM2B, BA1B, BA3A and BA4A. All cores have been described on board D/V Chikyu during the summers of 2017 and 2018. X-ray computed tomography (X-ray CT) images were obtained on all cores as a routine part of the IODP measurement protocol onboard D/V Chikyu.

The X-ray CT scanner (Discovery CT 750HD, GE Medical Systems) scans and reconstructs an image of a 1.4 m section in 10 minutes and produces a series of scan images, each 0.625 mm thick. The X-ray source and detector are installed inside of the gantry opposite each other. The excitation voltage and current for X-ray tube are 140 kV and 100 mA, respectively. Core samples are scanned in the gantry with a scanning rate of 20 mm/sec. The distribution of attenuation values mapped to an individual slice comprises the raw data that are used for subsequent image processing. Successive two-dimensional (2D) slices of 512 x 512 pixels yield a representation of attenuation values in three-dimensional (3D) voxels of 512 x 512 by ~1600 in length. Data generated for each core consist of core-axis-normal planes (XY planes) of X-ray attenuation values with dimensions of 512 ×512 pixels in 9 cm ×9 cm cross-section, with a resolution of 0.176 mm/pixel.

As a consequence, we have >3,200 meters length of X-ray CT images from the dyke/gabbro transition zone to the gabbroic sequence to the mantle sequence to the basal thrust of the ophiolite. All X-ray CT images have been processed to match with individual photo images of the archive halves of the cores. The data are useful for assessing sample locations and quality. X-ray CT images can be used for 3D fabric analyses even after core has been cut in half and subsampled for other analyses.

キーワード：OmanDP、XCT、image
Keywords: OmanDP, XCT, image

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討
Re-examination of the crystallization process of clinopyroxene oikocrysts in layered gabbros at Hess Deep Rift, EPR

*安井 茜[1]、星出 隆志[1]
*Akane Yasui[1], Takashi Hoshide[1]

1. 秋田大学大学院国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University

In the Hess Deep Rift, located about 60km east of the East Pacific Rise, the lower crustal gabbros which have been formed at the fast-spreading ridge are exposed. In the IODP Exp. 345, primitive layered gabbros were collected from the lower crust as mainly three drill cores (U1415 I, J, P; Gillis et al., 2014). From the U1415J, unique gabbroic rocks (troctolites) with poikilitic clinopyroxenes (oikocrysts) including many small plagioclase laths have been found (Maeda and Kaise, 2015, Abstracts of the Geological Society of Japan).

Recently, on the origins of clinopyroxene-oikocryst-bearing gabbroic rocks, the different hypotheses have been proposed by Leuthold et al. (2018) and Maeda and Kaise (2015).
Leuthold et al. (2018) proposed that initial olivine gabbros had been partially molten by the intrusion of a primitive melt and then clinopyroxene oikocrysts had crystallized from clinopyroxene-rich basaltic melts formed by the mixing between the partial melt and the primitive magma.
On the other hands, Maeda and Kaise (2015) proposed that clinopyroxenes have first crystallized from a primitive magma and after molten by the encounter with another primitive magma they have continued to grow further and then, the clinopyroxene rim has simultaneously crystallized with matrix olivine and plagioclase. Several hypotheses other than those above (e.g.,Tegner et al., 1995; Nicolas and Boudier., 2011) have been also proposed for the origin of the clinopyroxene oikocrysts in gabbroic rocks. The question is still open to discussion.
Therefore, I re-examine the process of clinopyroxene-oikocryst formation through the textural observation and chemical analysis of the constituent minerals for 8 samples of clinopyroxene-oikocryst-bearing gabbros from 3R, 5R, 7G, 8R and 15G of the U1415J core collected at the IODP Exp. 345.

The matrix part is troctolite consisting mainly of olivine (about 0.5 mm - 2 mm in size, amoeboidal, Fo85~) and plagioclase (about 1 mm in size, An#77-82). Spherical to ellipsoidal clinopyroxene oikocrysts (5-10 mm in size, Mg#85 to 88) is distributed in the matrix troctolite. In addition, clinopyroxene oikocrysts exhibit the following characteristics:

(1) Clinopyroxene oikocrysts basically do not contain any olivine crystals. Rarely, they contain aggregates of plagioclase and olivine.
(2) Orthopyroxene rims (about 100 μm thick, film-like, Mg#85-87) are observed only in matrix olivines (Fo85~) near the rim of the clinopyroxene oikocryst. The olivine crystals rimmed by orthopyroxene are shrinked.
(3) The decreases in Al and Cr contents towards the plagioclase chadacrysts are observed in clinopyroxene oikocrysts.
(4) In the core of the clinopyroxene oikocrysts, we can find parts with Mg# higher than the values which

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

can be in the Fe/Mg equilibrium with olivine in the matrix troctolite.

The facts of (1) and (2) indicate that the assemblage of olivine and plagioclase had already existed when the clinopyroxene oikocrysts crystallized from the melt. In additions, these facts suggest that the melt which formed clinopyroxene oikocryst was in a reaction relationship with olivine. These interpretations are consistent with the hypothesis of Leuthold et al. (2018).

キーワード：単斜輝石オイコクリスト、Hess Deep、トロクトライト、マグマ混合、中央海嶺玄武岩
Keywords: clinopyroxene oikocrysts, Hess Deep, troctolite, Magma mixing, MORB

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究
Structural petrology of peridotites from the Kalaymyo ophiolite

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3]
*Kouhei Asano[1,2], Katsuyoshi Michibayashi[1], Jung-Woo Park[3]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学、3. ソウル大学校
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Shizuoka University, 3. Seoul National University

Kalaymyoオフィオライトはミャンマーに位置している．Kalaymyoオフィオライトは大規模なカンラン岩体を有し，そこではカンラン岩は一般的に新鮮である．近年，Kalaymyoカンラン岩において岩石学的，地球化学的手法による研究が行われており，それらの結果によるとKalaymyoカンラン岩はメルトー岩石反応を経験している．本研究では掘削コアと露頭で採取された試料，全14試料のカンラン石の結晶方位解析とカンラン石とスピネルの主要元素組成分析を行った．本研究の試料は粗粒で等粒状の組織を示した．カンラン石とスピネルの主要元素組成はOSMAの領域にプロットされることから，本研究の試料は部分溶融後の上部マントルの溶け残り岩であることが示される．またCr#が0.3より高いスピネルはTiO_2含有量が比較的高い(0.10-0.20 wt.%)．Tiは不適合元素であるので，高いTiO_2含有量はカンラン岩がメルトー岩石反応を経験した指標になる．本研究の試料ではJ-indexとスピネルのCr#の間に正の相関が見られた．この相関は2つのトレンドを示す．ひとつはスピネルのCr#の増加に対してJ-indexが強く増加するもので，もうひとつはJ-indexの増加が弱いものである．メルトー岩石反応を経験した試料はJ-indexの増加が弱いトレンドに属す．したがって，メルトー岩石反応によるメルトの浸透は変形，特にCPOの発達に影響を与えると考えられる．またメルトー岩石反応は変形と同時に生じたと考えられる．メルトー岩石反応を経験した試料は採取された標高に関して狭い範囲に集中することから，Kalaymyoオフィオライトでのメルトー岩石反応は局所的であったことが考えられる．

キーワード：Kalaymyoオフィオライト、カンラン岩、メルトー岩石反応、J-index
Keywords: Kalaymyo ophiolite, peridotite, melt-rock interaction, J-index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1]
*Yumeto KOGURE[1], Eiichi TAKAZAWA[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

Horoman peridotite is situated at the southern tip of the Hidaka mountain range, spreads 8 km east-west, 10 km north-south, and has a layer thickness of 3,000 m. We reevaluated the origin of the mafic layer in the Upper Zone of the Horoman Peridotite. We studied Fumo section in the Upper Zone. This section has total thickness of 263 m and consists of plagioclase lherzolite, harzburgite and mafic layer. In the Fumo section, the mafic layer is only interlayered in the plagioclase lherzolite. In the Al2O3, CaO, and Na2O vs. MgO diagrams of whole rock compositions, the mafic layer is plotted on the extension of the linear composition trend indicated by plagioclase lherzolite and harzburgite. There are two types of mafic layer, one plotted in the vicinity of N-MORB and the other plotted in the vicinity of plagioclase lherzolite. The plagioclase lherzolites which have higher Al2O3, CaO, and Na2O and lower MgO contents than the Depleted MORB Mantle (DMM) [1] contain amphiboles whereas the other plagioclase lherzolite which has lower Al2O3, CaO, and Na2O contents and higher MgO content than the DMM do not contain amphibole. Chondrite-normalized whole rock rare earth element (REE) patterns of plagioclase lherzolites are flat from heavy REE to middle REE and show convex upward pattern with depletion in light REE. The mafic layers also show the similar pattern although the abundances of REE is much lower than N-MORB.

From these results, the mafic layers in the Fumo section do not have the composition of primary melt and is considered to be cumulate [2,3]. Also, in the whole rock FeO, TiO2 vs. MgO diagrams, the compositional trends suddenly bend at the most fertile plagioclase lherzolite and becomes depleted in FeO, TiO2 toward the thin mafic layers. On the extension of this bent trends reach to the composition of Cpx and plagioclase. The mafic layer in the Fumo section suggests the possibility that Cpx and plagioclase were crystallized from a melt penetrated into plagioclase lherzolite in a relatively low pressure where the combination of Cpx and plagioclase was stable.

[1] Workman and Hart, 2005, EPSL, 231, 53-72. [2] Shiotani and Niida, 1997, Memoir. Geol. Soc. Japan, 47, 123–137. [3] Takazawa et al., 1999, J. Petrol., 40, 1827-1851.

キーワード：幌満かんらん岩、マントル、マフィックレイヤー、造山帯レルゾライト、日高変成帯
Keywords: Horoman Peridotite, mantle, mafic layer, orogenic lherzolite, Hidaka Metamorphic Belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究
A structural and petrological study of "Shibukawa ultramafic body" in the Sanbagawa belt, western Shizuoka, Japan

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2]
*Hikaru Shioya[1,2], Katsuyoshi Michibayashi[1], Ken-ichi Hirauchi[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部地球科学科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute of Geosciences, Shizuoka University

三波川帯は西南日本を代表する変成帯である．四国山地ではこの２０年間，三波川帯中の超苦鉄質岩体について多くの研究がなされ，岩体の起源は沈み込み帯のマントルウェッジであることが明らかとなった．一方で他の地域の三波川帯超苦鉄質岩体の起源は不明であるため，今回静岡県西部の超苦鉄質岩体について初生鉱物であるカンラン石に注目して構造岩石学的研究を行い，岩体の起源を明らかにすることにした．なお，この岩体は命名されていないため，本研究では便宜上 "渋川超苦鉄質岩体" と命名した．渋川超苦鉄質岩体は蛇紋岩化が進行しているが，カンラン石やスピネル，そしてわずかに単斜輝石が残留していた．このことから，岩体はダナイトとウェールライトから構成されていることが分かった．走査型電子顕微鏡(SEM)による結晶方位解析より，カンラン石の結晶方位定向配列(CPO)パターンはDタイプと単集中のタイプにわけられることが分かった．CPOの集中度は相対的に北部で高いものの，南部では相対的に低い傾向を示した．カンラン石粒径の頻度分布も考慮すると，これは岩体の南部は動的再結晶に伴う細粒化の途中であった一方，北部では細粒化が完了していたと考えられる．カンラン石のCPOパターンと，カンラン石とスピネルの主要元素組成は，この岩体の起源が四国山地三波川帯超苦鉄質岩体とは異なることを示唆している．さらに，これらの結果と岩相よりこの岩体の起源は御荷鉾帯で報告されている集積岩と考えられる．

キーワード：三波川帯、御荷鉾帯、集積岩、超苦鉄質岩、カンラン石ファブリック、ダナイト
Keywords: Sanbagawa belt, Mikabu belt, Cumulate, Ultramafic, Olivine fabrics, Dunite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_35

[S-CG49] ハードロック掘削科学〜陸上掘削から深海底掘削、そしてオマーン〜

コンビーナ:道林 克禎(名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地質・地球生物学講座岩石鉱物学研究室)、高澤 栄一(新潟大学理学部地質科学科)、秋澤 紀克(東京大学　大気海洋研究所　海洋底科学部門)

ハードロック掘削計画が進展している．本セッションでは，オマーン掘削プロジェクトを中心としてICDPならびにIODPの掘削プロジェクトの成果発表を期待する．さらに，掘削研究にこだわらず，関連するオフィオライト研究などの野外研究や実験研究等の発表の機会となることも期待したい．

[SCG49-P01] 比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.オスロ大学、4.ソウル国立大学、5.メリーランド大学、6.名古屋大学、7.モンペリエ大学、8.コロンビア大学)

[SCG49-P02] オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2.海洋研究開発機構)

[SCG49-P03] Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.海洋研究開発機構、2.広島大学、3.新潟大学、4.サウサンプトン大学、5.コロンビア大学)

[SCG49-P04] オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2] (1.金沢大学、2.産業技術総合研究所　地質調査総合センター)

[SCG49-P05] Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4.名古屋大学、5.九州大学)

[SCG49-P06] The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party (1.新潟大学大学院、2.新潟大学理学部、3.JAMSTEC)

[SCG49-P07] Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3] (1.新潟大学大学院自然科学研究科、2.新潟大学理学部地質科学科、3.海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター)

[SCG49-P08] 層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3] (1.東北大学、2.鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3.Oman Drilling Project Phase 2 Science Party)

[SCG49-P09] X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6] (1.名古屋大学理学部地球惑星科学科、2.コロンビア大学、3.モンペリエ大学、4.新潟大学、5.サウサンプトン大学、6.ICDP)

[SCG49-P10] 東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討

*安井 茜[1]、星出 隆志[1] (1.秋田大学大学院国際資源学研究科)

[SCG49-P11] Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学、3.ソウル大学校)

[SCG49-P12] Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SCG49-P13] 静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部地球科学科)

比抵抗の測定に基づくオマーン掘削プロジェクトでの浸透率プロファイル
Permeability profile in the Oman Drilling Project inferred from resistivity measurements

*片山 郁夫[1]、岡崎 啓史[2]、阿部 なつ江[2]、Ulven Ole Ivar[3]、Hong Gilbert[4]、Zhu Wenlu[5]、Cordonnier Benoit[3]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、道林 克禎[6]、Godard Marguerite[7]、Kelemen Peter[8]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Ikuo Katayama[1], Keishi Okazaki[2], Natsue Abe[2], Ole Ivar Ulven[3], Gilbert Hong[4], Wenlu Zhu[5], Benoit Cordonnier[3], Kohei Hatakeyama[1], Yuya Akamatsu[1], Katsuyoshi Michibayashi[6], Marguerite Godard[7], Peter Kelemen[8], Science Party The Oman Drilling Project Phase 2

1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. オスロ大学、4. ソウル国立大学、5. メリーランド大学、6. 名古屋大学、7. モンペリエ大学、8. コロンビア大学
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC, 3. University of Oslo, 4. Seoul National University, 5. University of Maryland, 6. Nagoya University, 7. Universitè Montpellier, 8. Columbia University

Permeability is a key property that controls heat and chemical exchange in the oceanic lithosphere as well as microbial activity in the sub-seafloor. Although direct measurements of permeability were not made on board D/V Chikyu during analysis of cores from the Oman Drilling Project, we estimated permeability profiles based on onboard measurements of electrical resistivity. For each core sample, we measure its resistivity at nominally dry conditions to obtain the dry resistivity. We then saturate the sample with NaCl solution (3.5g/L) and repeat the resistivity measurements at brine-saturated conditions to obtain the wet resistivity. Owing to the conductive brine in the pore space, the wet resistivity is systematically lower than dry resistivity. Because the difference between dry and wet resistivity is predominantly controlled by the movement of dissolved ions in the brine that occupied the pore space, we can use the resistivity data to infer the volume fraction of pores that contribute to electrical transport (termed “transport porosity”). We apply the Hashin-Shtrikman upper bound to estimate transport porosity. The estimated transport porosity shows a positive correlation with bulk porosity measured on board (MAD analysis), but is approximately one order of magnitude lower. Using an empirical cubic law between transport porosity and permeability, we produce estimated permeability profiles for the crust-mantle transition zone and the serpentinized mantle sections in the Hole CM1A, BA1B, BA3A and BA4A. The results indicate, (1) the gabbro sequence exhibits a markedly lower permeability than the underlying mantle sequence, (2) serpentinized dunites have higher permeability compared to serpentinized harzburgites, and (3) the general variation of discrete sample permeability is correlated with fault zone and intervals with abundant fractures. These permeability structures are most likely modified by alteration and juxtapositions, and do not represent the in-situ profile of the oceanic lithosphere; but this technique can be applicable to infer on-board permeability in future hard rock drilling.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンオフィオライト陸上掘削CM1Aサイトから得られた斑れい岩類の変質度と弾性波速度との関係

Relationship between alteration intensity and elastic wave velocity of gabbroic rocks from ICDP Hole CM1A, Oman Drilling Project Phase II

*木村 光佑[1]、片山 郁夫[1]、畠山 航平[1]、赤松 祐哉[1]、阿部 なつ江[2]、岡崎 啓史[2]、The Oman Drilling Project Phase II Science Party
*Kosuke Kimura[1], Ikuo Katayama[1], Kohei Hatakeyama[1], Yuya Akamatsu[1], Natsue Abe[2], Keishi Okazaki[2], The Oman Drilling Project Phase II Science Party

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻、2. 海洋研究開発機構
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC

The mafic to ultramafic rocks suffer metamorphism and metasomatism by the seafloor hydrothermal activities. These alterations can influence the elastic wave velocity due to the change of mineral assemblages during the ocean floor metamorphism. However, most previous studies have measured the elastic wave velocity of relatively unaltered samples. In this study, we measured elastic wave velocity of the altered gabbro from the Semail ophiolite collected from the Oman Drilling Project Phase II in order to estimate the effect of ocean floor metamorphism on the elastic wave velocity.

Gabbro samples were collected from CM1A site that is reported to be a layered gabbro sequence. Total seven samples those have different alteration intensity were measured. We use intra-vessel deformation and fluid flow apparatus at Hiroshima University to measure elastic wave velocity under confining pressure up to 200 MPa. Elastic wave velocity was measured by the pulse transmission method, with the amplitude and the frequency of a trigger wave of 5 V and 2 MHz, respectively. After measurements under dry condition, measurements under wet conditions injecting pore water were performed (P_P = 10 MPa). Alteration intensity is recognized by the relative abundances of the secondary minerals.

On the basis of the petrography, alteration group could be divided into four types. First type is almost fresh, olivine altered to serpentine and chlorite partially with less green minerals present. Second type has saussuritized plagioclase dominantly and also some sample shows alteration of clinopyroxene to amphibole. In the third type amphibolitization of clinopyroxene is dominant, and also saussuritization of plagioclase occur. Fourth type is the most altered sample showing alteration halo along the veins. Almost of the minerals are changed to prehnite except a few relict clinopyroxene. This type has higher porosity than other types.

Sample density ranges from 2.77-3.08 g/cm^3, and porosity ranges from 0.02-0.22% except ca. 1% from halo alteration sample. Data from these samples show a trend that elastic wave velocities (V_P and V_S) increase with increasing the confining pressure from 20 to 200 MPa. V_P increases from 5.68-6.80 to 6.16-6.91 km/s, V_S slightly increases from 3.65-3.97 to 3.69-3.99 km/s and V_P/V_S is almost constant ranging between 1.56-1.86 to 1.64-1.88 under dry condition, and on the other hand, V_P increases from 6.08-6.82 to 6.31-6.93 km/s, V_S slightly increases from 3.64-3.98 to 3.69-4.00 km/s and V_P/V_S is almost constant 1.67-1.86 to 1.68-1.87 under fluid-saturated condition, respectively. This result is mostly consistent with the layered gabbro occur in a normal oceanic crust (e.g. White et al., 1992; Shinohara et al., 2008).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

At 200 MPa and under dry condition, V_P moderately decreases with increase in alteration intensity. About 0.75 km/s decreases in response to the increase in alteration intensity from 10 to 80 %. Comparing dV_P (difference in calculated and measured values) from the back-calculated original mineral assemblages of gabbro and peridotite reveled that the decrease in dV_P for the former is less than the latter. Moreover, both the curves of V_P and impedance change cross-over each other for gabbro and peridotite after nearly 50% of alteration.

From the above results, we suggest that if both gabbro and peridotite suffer more than 50% alteration, reversal of seismic velocity and impedance occurs, which effectively would affect the determination of geophysical Moho.

Reference: White et al. (1992) J. Geophys. Res. 97, 19,683-19,715. Shinohara et al. (2008) Phys. Earth Plan. Inter., 170, 95-106. Christensen (2004) Inter. Geol. Rev., 46, 795-816.

キーワード：オマーンオフィオライト、斑れい岩、弾性波速度、変質
Keywords: Oman ophiolite, Gabbroic rocks, Elastic Wave Velocity, alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical property of the fossilized crust-mantle transition zone from ICDP Oman Drilling Project Hole CM1A and CM2B measured onboard D/V Chikyu

*岡崎 啓史[1]、阿部 なつ江[1]、畠山 航平[2]、赤松 祐哉[2]、片山 郁夫[2]、高澤 栄一[3]、Damon Teagle[4]、Peter Kelemen[5]、Jude Coggon[4]、The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Keishi Okazaki[1], Natsue Abe[1], Kohei Hatakeyama[2], Yuya Akamatsu[2], Ikuo Katayama[2], Eiichi TAKAZAWA[3], Damon A H Teagle[4], Peter B Kelemen[5], Jude Coggon[4], The Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

1. 海洋研究開発機構、2. 広島大学、3. 新潟大学、4. サウサンプトン大学、5. コロンビア大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Hiroshima University, 3. Niigata University, 4. University of Southampton, 5. Columbia University

To understand physical properties of the oceanic crust and the mantle is fundamentally important to reveal the dynamics of plate tectonics, and the global circulations of H_2O and CO_2 fluids. We report results on physical property measurements of core samples from Oman Drilling Project (OmanDP) Holes CM1A and CM2B, which drilled from the lower igneous crust into the upper mantle in the Samail Ophiolite, Sultanate of Oman.

X-ray CT, bulk/grain density, porosity, magnetic susceptibility, P-wave velocity, electrical resistivity and thermal conductivity were measured onboard D/V Chikyu using whole-round cores and discrete samples for core sections from CM1A and CM2B.

The paleo-Moho in CM1A may not preserve the original structure due to minor faulting, possibly during obduction. The gabbro-dunite transition (paleo-Moho) in Hole CM1A is characterized by a sharp change in physical property data. For example, P-wave velocity decreases from ~6.7 km/s in the layered gabbro sequence to ~4.9 km/s in the MTZ. Low P-wave velocity and density (~2.6 g/cm^3) in serpentinized dunites reflect the fact that olivine in the dunites is almost completely serpentinized. Serpentinization could have occurred during hydrothermal alteration near the spreading ridge axis, during subduction of 100’s of km of oceanic crust and sediment beneath the ophiolite, during obduction onto the Arabian continental margin, and/or during present-day weathering. In contrast to the paleo-Moho, the boundary between the Crust-Mantle Transition (CMT) sequences (i.e., dunites and dunites with gabbro lenses) and the underlying, residual mantle harzburgites is somewhat gradual. P-wave velocity gradually increases from ~4.9 km/s for dunite in the CMT to ~5.5 km/s for harzburgite in the mantle sequence. The thickness of the CMT is 50–70 m in Holes CM1A and CM2B. We also report on correlations between physical properties, especially electrical conductivity and magnetic susceptibility, and the fault intensity and alteration intensity from the core descriptions.

キーワード：オフィオライト、マントル、海洋地殻、モホ面
Keywords: ophiolite, mantle, oceanic crust, moho

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オマーンオフィオライトの下部地殻ガブロの組織について：オマーン掘削計画のコア試料の解析

Microstructures of lower crust gabbros from the Oman Ophiolite: Analyses of the drilled cores of the Oman Drilling Project

*飯田 康生[1]、普代 貴大[1]、海野 進[1]、草野 有紀[2]
*Koki Iida[1], Takahiro Fudai[1], Susumu Umino[1], Yuki Kusano[2]

1. 金沢大学、2. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター
1. Kanazawa University, 2. Geological Survey of Japan

Oman Drilling Project in 2016 to 2017 recovered 400 m long cores of layered gabbros at Site GT1 in the Wadi Tayin Massif of the Oman Ophiolilte. The purpose of this research is to describe microstructures of the layered gabbro core samples and to discuss the conditions of magmatic and hypersolidus deformation that operated in the lower crust beneath the Oman paleoridge.

Core samples were cut into slabs parallel to foliation and slabs normal to foliation and parallel to lineation, which were made into thin sections for microscopic observations. Structural fabrics and the relationships between crystal shapes and alliginment were described to identify magmatic and hypersolidus deformation structures.

Cored samples are predominantly olivine gabbros consisting of anhedral olivine, anhedral to subhedral clinopyroxene and subhedral to euhedral plagioclase. Grain size ranges from 0.5 mm to a few millimeters irrespective of mineral species.

The structures shown by the gabbros are classified into three regimes by temperature or the amount of melt present: Regime I, magmatic conditions without or minimal plastic deformation; regime Ⅱ, plastic deformation assisted by interstitial melt (Dunn, 2000); regime Ⅲ, near solidus deformation. Regime Ⅱ is identified by ameboid grain boundaries with no intracrystalline deformation and equigranular textures, resulted from decreasing internal strain energy by at high temperatures. The presence of melt is evidenced by the clear euhedral plagioclase rims with resorbed turbid cores as discussed below.

Regime I. Magmatic structures are identified as modal layering due to changes in mineral mode, no preferred orientation or shape-preferred orientation of clinopyroxene and plagioclase, poikilitic texture of olivine enclosing plagioclase laths and ophitic texture of clinopyroxene including plagioclase laths.

Regime II. The hypersolidus deformation structures overprint igneous structures: ameboid olivine with or without strain in the crystal, elongated olivine, and lenticular aggregates of olivine grains with an asymmetric quarter structure. Single clinopyroxene crystals show an asymmetric quarter structure like olivine aggregates. Ophitic clinopyroxenes consist of subgrains with slightly different orientations <10˚. Plagioclase shows deformation twin and undulose extinction. Equigranular fine-grained plagioclase with grain boundaries intersecting at 120˚ are common. Large plagioclases have a resorbed core with a wavy outline and are surrounded by euhedral rim.

Regime III. Subsolidus recrystallization includes buldging and grain boundary migration resulted in ameoboid grain boundaries of clinopyroxene. Undulose extinction and kinked twinning of plagioclase are

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

observed.

It is well known that mid-ocean ridge basalt magma commonly crystallizes in the order of olivine, plagioclase and clinopyroxene, which is also true for the gabbros of the Oman Ophiolite (Adachi and Miyashita, 2003). Nevertheless, only plagioclase shows euhedral to subhedral shapes in the observed layered gabbro core samples. Deformed olivine aggregates and clinopyroxene with quarter structures are embedded in plagioclase with equilibrium granoblastic textures and large euhedral plagioclases with resorbed turbid cores. Considering these textures combined with the mechanical strength of the three constituent minerals, these gabbros suffered deformation under the presence of melt, which assisted complete recovery of strain through recrystallization of fine-grained plagioclase and overgrowth of euhedral rims around magmatic plagioclase cores. Poikilitic olivine occurs through the hole, whereas ophitic Cpx occurs at 73 m and 220 m in depth. Most deformation structures of regime II are present irrespective to depth. The asymmetric structures of olivine and clinopyroxene were used to determine the relative sense of shear. Both dextral and sinistral sense of shear are observed within the same samples.

キーワード：オマーンオフィオライト、オマーン掘削計画、層状ガブロ、フォリエイテッドガブロ、微細構造、下部地殻
Keywords: Oman ophiolite, Oman Drilling Project , Layered gabbro , Foliated gabbro , Microstructures , Lower crust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Olivine fabric and mineral compositions in the Maqsad area of the Samail massif, the southern Oman ophiolite

*高橋 果朋[1]、高澤 栄一[2,3]、道林 克禎[4]、柿畑 優季[4]、仙田 量子[5]
*Kaho Takahashi[1], Eiichi TAKAZAWA[2,3], Katsuyoshi Michibayashi[4], Kakihata Yuki[4], Ryoko Senda[5]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科、3. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター、4. 名古屋大学、5. 九州大学
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, 3. JAMSTEC, 4. Nagoya University, 5. Kyushu University

In this study, we conducted structural and chemical analysis of oriented samples of 17 harzburgites and 4 dunites collected from the Maqsad area of Samail massif in the southern Oman ophiolite. We investigated the degree of partial melting and the mantle-melt reaction with relation to mantle diapir structure.

The crystallographic preferred orientation (CPO) of olivine grains were measured in highly polished XZ thin sections using a scanning electron microscope equipped with an electron-back scatter diffraction system at Shizuoka University. After plotting the results in the Vp Flinn plot expanded for olivine fabric types [1,2], the fabric type of peridotites in this study are summarized as follows. The distribution of A type is limited in the southeastern part where the diapir structure has been identified [3], whereas D type is dominant in the peripheral part of the diapir. Minor amounts of AG type and E type are also observed in the peripheral part. From these, the olivine in the southeastern part (diapir area) of this study area is likely to have been deformed under high temperature whereas the peripheral part was deformed at slightly lower temperature. The CPOs of olivine in both areas do not show any influence from the presence of H2O except for only one sample with E type CPO. Moreover, strong alignment of [100] to the vertical orientation was observed in the southeastern part (diapir area) of this study area. Since vertical mantle flow has been estimated in this diapir area, our results are consistent with the previous study [3,4].

The Cr# (=Cr/[Cr+Al] atomic ratio) of spinel in the harzburgites and dunites are as high as 0.55-0.58 in the central part of the southeastern part (diapir area) and along the paleo-ridge axis running in the NW - SE direction [3,4]. On the other hand, the Cr# of spinel in the peripheral part is 0.41-0.55 indicating slightly less depleted than in the central part. In addition, the REE abundance of clinopyroxenes in the central part of the diapir area is lower than in the peripheral part being consistent with the distribution of spinel Cr#.

We consider that the upwelling rate in the southeastern part (diapir area) may have been greater than the peripheral part possibly due to higher temperature in the focused vertical mantle flow. This model is consistent with the distribution of the Cr# of spinel: the degree of melting was greater in the diapir area where Cr# of spinel are higher than the peripheral part. The strongly focused pipe-like model for axis location [3,5] is well fitted by our observations in this study.

[1] Karato et al., 2008, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 36, 59-95. [2] Michibayashi, 2015, J. Geography, 124, 397-409. [3] Jousselin et al., 1998, JGR, 103, 18153-18170. [4] Nicolas et al., 2000, Marine Geophys. Res., 21, 147-179. [5] Nicolas and Boudier, 1995, JGR, 100, 6179-6197.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：オマーンオフィオライト、結晶方位定向配列、かんらん石、ファブリック、かんらん岩、マントル流
Keywords: Oman ophiolite, crystalographic preferred orientation, olivine, fabric, peridotite, mantle flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The evolution of melt inclusions in podiform chromitite in Oman

*YAO Yuan[1]、 高澤 栄一[2,3]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
*Yuan YAO[1], Eiichi TAKAZAWA[2,3], Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

1. 新潟大学大学院、2. 新潟大学理学部、3. JAMSTEC
1. Graduate School of Sciences& Technology, Niigata University, Japan, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University, Japan, 3. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, JAMSTEC, Japan

Melt inclusions are tiny inclusions which trapped in the host magmatic minerals. After trapping, the host mineral can be considered as a closed and isolated system (Roedder, 1984). Thus, melt inclusions behave as time capsules, which record the liquid line of descent of magmatic systems (Frezzotti, 2001). Therefore, melt inclusions can provide important information of the primary melts (Kent, 2008).

We studied the melt inclusions in chromite from a chromitite deposit mine in the north of Maqsad and the core sample from the Oman drilling project phase 2. The silicate inclusions range in diameter from 5 μm to 200 μm, contain pargasite, tremolite, aspidolite, high Cr# (=Cr/[Cr+Al] atomic ratio) chromite, diopside, enstatite, forsterite, grossular, albite, titanite, pentlandite, apatite, chlorite, wollastonite and serpentine. We found the high Cr# chromite occurs as lining of the inclusion, moreover the daughter minerals precipitated in the high Cr# chromite lining. Those phenomenon can be explained by the crystallization of chromite on the wall of inclusion. In addition, this is the first report about the necking down of melt inclusion in chromitite. The necking down of inclusions is an originally large, liquid-filled inclusion divided into smaller inclusions. If the necking down happens after the phase change of inclusion, the compositions of smaller inclusions probably are inhomogeneity. Last year, we conducted the high temperature homogenized experiments, the result showed that the homogenized quenching glass are heterogeneous. We consider the inhomogeneity of inclusions perhaps caused by the necking down. Based above all, we suggest the composition of homogenized inclusion can not represent the parental melt.

To summarize, we suggest before analysis and experiment of inclusions in chromite, the origin and the evolution of inclusions should be carefully studied.

Reference
Frezzotti, M. (2001). "Silicate-melt inclusions in magmatic rocks: applications to petrology." Lithos **55** (1-4): 273-299.
Kent, A. J. R. (2008). "Melt Inclusions in Basaltic and Related Volcanic Rocks." Reviews in Mineralogy and Geochemistry **69** (1): 273-331.
Roedder, E. (1984). Fluid inclusions, Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

キーワード：melt inclusion、Oman、chromitite
Keywords: melt inclusion, Oman, chromitite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Melt/fluid - rock reaction inferred from the Wadi Tayin mantle section in the southern Oman ophiolite

*石井 慶佑[1]、高澤 栄一[2]、栗山 祥拓[2]、染谷 京香[2]、田村 芳彦[3]
*Keisuke ISHII[1], Eiichi TAKAZAWA[2], Akihiro kuriyama[2], Kyouka Someya[2], Yoshihiko Tamura[3]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科、2. 新潟大学理学部地質科学科、3. 海洋研究開発機構 海洋掘削科学研究開発センター
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University , 3. R&D Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We report the petrology and the mineral compositions of peridotites from the Wadi Tayin massif in the southern Oman ophiolite [1-3] to investigate the influence of arc related magmatism during oceanic thrusting of the ophiolite. Harzburgites, dunites and a small number of lherzolite were systematically corrected along wadis to cover the mantle section from the boundary between lower crust and uppermost mantle namely “Moho” to the basal thrust. Spinel Cr# [=Cr/(Cr+Al) atomic ratio] of harzburgite varies from 0.22 to 0.58 similar to the range in abyssal peridotites [4]. Moreover, it gradually increases from the basal part to the Moho indicating the compositional variation expected for the residual mantle column formed at a mid ocean ridge. On the other hand, the spinel Cr# of dunite often exceeds 0.6 in the NW-SE striking shear zone in the middle part of the study area. The chondrite-normalized rare earth element (REE) patterns of clinopyroxenes in peridotites from the shear zone show a linear pattern that monotonously decreases from heavy REE to light REE (LREE). Calculated melt compositions in equilibrium with these clinopyroxenes are equivalent with the V2 (Type2) lava reported in the northern Oman ophiolite [5-6].

The plots in Cr# of spinel versus Ce/Yb ratio of clinopyroxenes show a linear trend with a positive correlation. It indicates that the LREE enrichment of clinopyroxene is associated with an increase in the degree of melting. Clinopyroxenes in the dunite from the shear zone are most significantly enriched in LREE to middle REE and have REE abundances being in equilibrium with the V2 lava. We consider that harzburgites were suffered from a flux melting by infiltration of H2O-rich fluid producing V2 lava. Comparing to the results from the northern massifs the linear trend in the diagram of Cr# of spinel versus Ce/Yb ratio of clinopyroxenes in the southern massif is obviously shifted toward lower in Cr#. It suggests that the infiltration of H2O-rich fluid may have started at early stage of melting in the Wadi Tayin massif relative to the northern massifs.

[1] Kelemen et al., 1995, Nature, 375, 747-753, [2] Godard al., 2000, EPSL, 180, 133-148, [3] HanghØj et al., 2010, J. Petrol., 51, 201-227, [4] Dick and Bullen, 1984, CMP, 86, 54-76, [5] Godard et al., 2003, G-cubed, 4, 8609, [6] Kusano et al., 2016, Chem. Geol., 449, 206-225.

キーワード：オマーンオフィオライト、マントルセクション、かんらん岩、メルト－固相反応
Keywords: Oman ophiolite, Mantle section, Peridotite, Melt/rock reaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

層状はんれい岩の加水反応に起因したき裂形成に関する数値シミュレーション

Numerical simulations for reaction-induced fracture formation of layered gabbro during hydration process

*吉田 一貴[1]、清水 浩之[2]、土屋 範芳[1]、岡本 敦[1]、Oman Drilling Project Phase 2 Science Party[3]
*Kazuki Yoshida[1], Hiroyuki Shimizu[2], Noriyoshi Tsuchiya[1], Atsushi Okamoto[1], Phase 2 Science Party Oman Drilling Project[3]

1. 東北大学、2. 鹿島建設株式会社　土木設計本部　解析技術部　地盤解析グループ、3. Oman Drilling Project Phase 2 Science Party
1. Tohoku university, 2. Geotechnical Analysis Group, Advanced Analysis Department, Civil Engineering Design Division, Kajima Corporation, 3. Oman Drilling Project Phase 2 Science Party

Serpentinization of oceanic lithosphere is important for various geological processes, including magmatism and earthquake at subduction zone, and generation of hydrogen and hydrocarbon at seafloor. For understanding the extent of the water infiltration into mantle within the oceanic lithosphere, permeability of the lower crust is an important factor, since gabbro has low permeability at high confining pressure (Katayama et al., 2012). In natural olivine-bearing gabbro, serpentinization of olivine grains produced radial fractures within the plagioclase matrix, which can potentially enhance the permeability (Jamtveit et al., 2008). Based on the numerical simulations using discrete element method (DEM), Jamtveit et al. (2008) shows that fracture network is produced by the volume expansion of olivine grains during hydration. However, their model dos not treat the advective fluid flow explicitly, it is not clear how permeability evolves during such processes. In this study, inspired by the natural textures of olivine gabbro taken from CM1A-7A (Wazi Zeeb, Oman Drilling Project), we conducted the DEM simulation for understanding the feedback of the fluid flow –olivine hydration –fracturing to the layered gabbro, which consists of olivine-rich layer and olivine-poor layer alternately. In particular, we focus on the contrasting fracture patterns between olivine and plagioclase, the evolution and anisotropy of permeability produced by the reaction-induced fracturing within the layered gabbro.

We conducted the two-dimensional DEM model, and the details of the model follows Okamoto and Shimizu (2015) and Shimizu and Okamoto (2016). We consider a simple volume increasing hydration reaction ($A + H_2O \rightarrow B$; 50% volume increase), and the reaction rate is defined as a linear function of fluid pressure. In the model, advective fluid flow occurs through apertures between particles, in response to difference of fluid pressure of individual domains. The rock model is consist of reactive part (it can change from olivine to sperneitne) and non-reactive part (e.g., plagioclase and clnopyronene). The reaction rate constant and aperture width of matrix and fracture are defined based on the non-dimensional numbers based on Shimizu and Okamoto (2016).

Firstly, we conducted the simulations for the model in which a single olivine exists in non-reactive matrix. When fluid is supplied through matrix, hydration of olivine starts, which produces the mesh-like textures inside the olivine grain and radial cracks within the unreactive matrix, which is consistent with those observed in the gabbro sample from CM1A. Second, we conducted a case where several olivine grains exist in matrix. In this case, we found the formation of fracture network that connects among the olivine grains, and positive relationship between the reaction rate and permeability. Finally, we tested the case of the layered structure that consists of olivine-rich layer and olivine-absent layer, and that fluid flows in

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

direction perpendicular to the layers. The results of the simulations reveals that the development of vertical fractures in both olivine-rich and non-reactive layers, whereas the horizontal fractures are only developed in the olivine-rich layers. These features of fracture orientation are consistent with the natural observations and indicate that he reaction-induced fracturing could significantly enhance the fluid infiltration through layered gabbro.

References

Katayama I, Terada T, Okazaki K, Tanikawa W (2012) Nat Geosci 5:731–734.

Jamtveit B., Malthe-Sørenssen A., Kostenko O., 2008. Earth Planet. Sci. Lett., 267, pp. 620-627

Okamoto,A.,Shimizu,H., 2015. Earth and Planetary Science Letters 415, 9–18.

Shimizu, H., Okamoto, A., 2016. Contributions to Mineralogy and Petrology, 171, 73.

キーワード：オマーンプロジェクト、層状斑れい岩、透水率、離散要素法、蛇紋岩化作用
Keywords: Oman Drilling Project, layered gabbro, permeability, Discrete Element Method, serpentinization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X-ray CT images of oceanic lithologies obtained on Oman Drilling Project drillcores during ChikyuOman 2017 and 2018

*道林 克禎[1]、Kelemen Peter[2]、Godard Margurette[3]、高澤 栄一[4]、Teagle Damon[5]、The Oman Drilling Project Science Party[6]
*Katsuyoshi Michibayashi[1], Peter B Kelemen[2], Margurette Godard[3], Eiichi TAKAZAWA[4], Damon A H Teagle[5], The Oman Drilling Project Science Party[6]

1. 名古屋大学理学部地球惑星科学科、2. コロンビア大学、3. モンペリエ大学、4. 新潟大学、5. サウサンプトン大学、6. ICDP
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Columbia University, 3. Université Montpellier, 4. Niigata University, 5. Southampton University, 6. ICDP

The Oman Drilling Project (OmanDP) has drilled >3,200 meters of the Oman ophiolite during Phases 1 and 2 in Holes GT1A, GT2A, GT3A, BT1B, CM1A, CM2B, BA1B, BA3A and BA4A. All cores have been described on board D/V Chikyu during the summers of 2017 and 2018. X-ray computed tomography (X-ray CT) images were obtained on all cores as a routine part of the IODP measurement protocol onboard D/V Chikyu.

The X-ray CT scanner (Discovery CT 750HD, GE Medical Systems) scans and reconstructs an image of a 1.4 m section in 10 minutes and produces a series of scan images, each 0.625 mm thick. The X-ray source and detector are installed inside of the gantry opposite each other. The excitation voltage and current for X-ray tube are 140 kV and 100 mA, respectively. Core samples are scanned in the gantry with a scanning rate of 20 mm/sec. The distribution of attenuation values mapped to an individual slice comprises the raw data that are used for subsequent image processing. Successive two-dimensional (2D) slices of 512 x 512 pixels yield a representation of attenuation values in three-dimensional (3D) voxels of 512 x 512 by ~1600 in length. Data generated for each core consist of core-axis-normal planes (XY planes) of X-ray attenuation values with dimensions of 512 ×512 pixels in 9 cm ×9 cm cross-section, with a resolution of 0.176 mm/pixel.

As a consequence, we have >3,200 meters length of X-ray CT images from the dyke/gabbro transition zone to the gabbroic sequence to the mantle sequence to the basal thrust of the ophiolite. All X-ray CT images have been processed to match with individual photo images of the archive halves of the cores. The data are useful for assessing sample locations and quality. X-ray CT images can be used for 3D fabric analyses even after core has been cut in half and subsampled for other analyses.

キーワード：OmanDP、XCT、image
Keywords: OmanDP, XCT, image

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東太平洋中央海嶺Hess Deep下部地殻層状斑れい岩中に見られる単斜輝石オイコクリスト晶出過程の再検討
Re-examination of the crystallization process of clinopyroxene oikocrysts in layered gabbros at Hess Deep Rift, EPR

*安井 茜[1]、星出 隆志[1]
*Akane Yasui[1], Takashi Hoshide[1]

1. 秋田大学大学院国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences, Akita University

In the Hess Deep Rift, located about 60km east of the East Pacific Rise, the lower crustal gabbros which have been formed at the fast-spreading ridge are exposed. In the IODP Exp. 345, primitive layered gabbros were collected from the lower crust as mainly three drill cores (U1415 I, J, P; Gillis et al., 2014). From the U1415J, unique gabbroic rocks (troctolites) with poikilitic clinopyroxenes (oikocrysts) including many small plagioclase laths have been found (Maeda and Kaise, 2015, Abstracts of the Geological Society of Japan).

Recently, on the origins of clinopyroxene-oikocryst-bearing gabbroic rocks, the different hypotheses have been proposed by Leuthold et al. (2018) and Maeda and Kaise (2015).
Leuthold et al. (2018) proposed that initial olivine gabbros had been partially molten by the intrusion of a primitive melt and then clinopyroxene oikocrysts had crystallized from clinopyroxene-rich basaltic melts formed by the mixing between the partial melt and the primitive magma.
On the other hands, Maeda and Kaise (2015) proposed that clinopyroxenes have first crystallized from a primitive magma and after molten by the encounter with another primitive magma they have continued to grow further and then, the clinopyroxene rim has simultaneously crystallized with matrix olivine and plagioclase. Several hypotheses other than those above (e.g.,Tegner et al., 1995; Nicolas and Boudier., 2011) have been also proposed for the origin of the clinopyroxene oikocrysts in gabbroic rocks. The question is still open to discussion.
Therefore, I re-examine the process of clinopyroxene-oikocryst formation through the textural observation and chemical analysis of the constituent minerals for 8 samples of clinopyroxene-oikocryst-bearing gabbros from 3R, 5R, 7G, 8R and 15G of the U1415J core collected at the IODP Exp. 345.

The matrix part is troctolite consisting mainly of olivine (about 0.5 mm - 2 mm in size, amoeboidal, Fo85~) and plagioclase (about 1 mm in size, An#77-82). Spherical to ellipsoidal clinopyroxene oikocrysts (5-10 mm in size, Mg#85 to 88) is distributed in the matrix troctolite. In addition, clinopyroxene oikocrysts exhibit the following characteristics:

(1) Clinopyroxene oikocrysts basically do not contain any olivine crystals. Rarely, they contain aggregates of plagioclase and olivine.
(2) Orthopyroxene rims (about 100 μm thick, film-like, Mg#85-87) are observed only in matrix olivines (Fo85~) near the rim of the clinopyroxene oikocryst. The olivine crystals rimmed by orthopyroxene are shrinked.
(3) The decreases in Al and Cr contents towards the plagioclase chadacrysts are observed in clinopyroxene oikocrysts.
(4) In the core of the clinopyroxene oikocrysts, we can find parts with Mg# higher than the values which

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

can be in the Fe/Mg equilibrium with olivine in the matrix troctolite.

The facts of (1) and (2) indicate that the assemblage of olivine and plagioclase had already existed when the clinopyroxene oikocrysts crystallized from the melt. In additions, these facts suggest that the melt which formed clinopyroxene oikocryst was in a reaction relationship with olivine. These interpretations are consistent with the hypothesis of Leuthold et al. (2018).

キーワード：単斜輝石オイコクリスト、Hess Deep、トロクトライト、マグマ混合、中央海嶺玄武岩
Keywords: clinopyroxene oikocrysts, Hess Deep, troctolite, Magma mixing, MORB

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Kalaymyoオフィオライトカンラン岩の構造岩石学的研究
Structural petrology of peridotites from the Kalaymyo ophiolite

*浅野 航平[1,2]、道林 克禎[1]、Jung-Woo Park[3]
*Kouhei Asano[1,2], Katsuyoshi Michibayashi[1], Jung-Woo Park[3]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学、3. ソウル大学校
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Shizuoka University, 3. Seoul National University

Kalaymyoオフィオライトはミャンマーに位置している．Kalaymyoオフィオライトは大規模なカンラン岩体を有し，そこではカンラン岩は一般的に新鮮である．近年，Kalaymyoカンラン岩において岩石学的，地球化学的手法による研究が行われており，それらの結果によるとKalaymyoカンラン岩はメルトー岩石反応を経験している．本研究では掘削コアと露頭で採取された試料，全14試料のカンラン石の結晶方位解析とカンラン石とスピネルの主要元素組成分析を行った．本研究の試料は粗粒で等粒状の組織を示した．カンラン石とスピネルの主要元素組成はOSMAの領域にプロットされることから，本研究の試料は部分溶融後の上部マントルの溶け残り岩であることが示される．またCr#が0.3より高いスピネルはTiO_2含有量が比較的高い(0.10-0.20 wt.%)．Tiは不適合元素であるので，高いTiO_2含有量はカンラン岩がメルトー岩石反応を経験した指標になる．本研究の試料ではJ-indexとスピネルのCr#の間に正の相関が見られた．この相関は2つのトレンドを示す．ひとつはスピネルのCr#の増加に対してJ-indexが強く増加するもので，もうひとつはJ-indexの増加が弱いものである．メルトー岩石反応を経験した試料はJ-indexの増加が弱いトレンドに属す．したがって，メルトー岩石反応によるメルトの浸透は変形，特にCPOの発達に影響を与えると考えられる．またメルトー岩石反応は変形と同時に生じたと考えられる．メルトー岩石反応を経験した試料は採取された標高に関して狭い範囲に集中することから，Kalaymyoオフィオライトでのメルトー岩石反応は局所的であったことが考えられる．

キーワード：Kalaymyoオフィオライト、カンラン岩、メルトー岩石反応、J-index
Keywords: Kalaymyo ophiolite, peridotite, melt-rock interaction, J-index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reevaluation of the origin of mafic layers in the Upper Zone of the Horoman Peridotite

*木暮 優芽斗[1]、高澤 栄一[1]
*Yumeto KOGURE[1], Eiichi TAKAZAWA[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

Horoman peridotite is situated at the southern tip of the Hidaka mountain range, spreads 8 km east-west, 10 km north-south, and has a layer thickness of 3,000 m. We reevaluated the origin of the mafic layer in the Upper Zone of the Horoman Peridotite. We studied Fumo section in the Upper Zone. This section has total thickness of 263 m and consists of plagioclase lherzolite, harzburgite and mafic layer. In the Fumo section, the mafic layer is only interlayered in the plagioclase lherzolite. In the Al2O3, CaO, and Na2O vs. MgO diagrams of whole rock compositions, the mafic layer is plotted on the extension of the linear composition trend indicated by plagioclase lherzolite and harzburgite. There are two types of mafic layer, one plotted in the vicinity of N-MORB and the other plotted in the vicinity of plagioclase lherzolite. The plagioclase lherzolites which have higher Al2O3, CaO, and Na2O and lower MgO contents than the Depleted MORB Mantle (DMM) [1] contain amphiboles whereas the other plagioclase lherzolite which has lower Al2O3, CaO, and Na2O contents and higher MgO content than the DMM do not contain amphibole. Chondrite-normalized whole rock rare earth element (REE) patterns of plagioclase lherzolites are flat from heavy REE to middle REE and show convex upward pattern with depletion in light REE. The mafic layers also show the similar pattern although the abundances of REE is much lower than N-MORB.

From these results, the mafic layers in the Fumo section do not have the composition of primary melt and is considered to be cumulate [2,3]. Also, in the whole rock FeO, TiO2 vs. MgO diagrams, the compositional trends suddenly bend at the most fertile plagioclase lherzolite and becomes depleted in FeO, TiO2 toward the thin mafic layers. On the extension of this bent trends reach to the composition of Cpx and plagioclase. The mafic layer in the Fumo section suggests the possibility that Cpx and plagioclase were crystallized from a melt penetrated into plagioclase lherzolite in a relatively low pressure where the combination of Cpx and plagioclase was stable.

[1] Workman and Hart, 2005, EPSL, 231, 53-72. [2] Shiotani and Niida, 1997, Memoir. Geol. Soc. Japan, 47, 123–137. [3] Takazawa et al., 1999, J. Petrol., 40, 1827-1851.

キーワード：幌満かんらん岩、マントル、マフィックレイヤー、造山帯レルゾライト、日高変成帯
Keywords: Horoman Peridotite, mantle, mafic layer, orogenic lherzolite, Hidaka Metamorphic Belt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

静岡県西部三波川帯 "渋川超苦鉄質岩体" カンラン石の構造岩石学的研究
A structural and petrological study of "Shibukawa ultramafic body" in the Sanbagawa belt, western Shizuoka, Japan

*塩谷 輝[1,2]、道林 克禎[1]、平内 健一[2]
*Hikaru Shioya[1,2], Katsuyoshi Michibayashi[1], Ken-ichi Hirauchi[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部地球科学科
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute of Geosciences, Shizuoka University

三波川帯は西南日本を代表する変成帯である．四国山地ではこの２０年間，三波川帯中の超苦鉄質岩体について多くの研究がなされ，岩体の起源は沈み込み帯のマントルウェッジであることが明らかとなった．一方で他の地域の三波川帯超苦鉄質岩体の起源は不明であるため，今回静岡県西部の超苦鉄質岩体について初生鉱物であるカンラン石に注目して構造岩石学的研究を行い，岩体の起源を明らかにすることにした．なお，この岩体は命名されていないため，本研究では便宜上 "渋川超苦鉄質岩体" と命名した．渋川超苦鉄質岩体は蛇紋岩化が進行しているが，カンラン石やスピネル，そしてわずかに単斜輝石が残留していた．このことから，岩体はダナイトとウェールライトから構成されていることが分かった．走査型電子顕微鏡(SEM)による結晶方位解析より，カンラン石の結晶方位定向配列(CPO)パターンはDタイプと単集中のタイプにわけられることが分かった．CPOの集中度は相対的に北部で高いものの，南部では相対的に低い傾向を示した．カンラン石粒径の頻度分布も考慮すると，これは岩体の南部は動的再結晶に伴う細粒化の途中であった一方，北部では細粒化が完了していたと考えられる．カンラン石のCPOパターンと，カンラン石とスピネルの主要元素組成は，この岩体の起源が四国山地三波川帯超苦鉄質岩体とは異なることを示唆している．さらに，これらの結果と岩相よりこの岩体の起源は御荷鉾帯で報告されている集積岩と考えられる．

キーワード：三波川帯、御荷鉾帯、集積岩、超苦鉄質岩、カンラン石ファブリック、ダナイト
Keywords: Sanbagawa belt, Mikabu belt, Cumulate, Ultramafic, Olivine fabrics, Dunite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG54-01] 周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー

★招待講演

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2] (1.大阪大学基礎工学研究科、2.京都大学基礎物理学研究所)

11:00 ~ 11:15

[SCG54-02] The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1] (1.海洋研究開発機構)

11:15 ~ 11:30

[SCG54-03] フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2] (1.東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2.東京大学地震研究所)

11:30 ~ 11:45

[SCG54-04] 続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1] (1.大阪大学大学院理学研究科)

11:45 ~ 12:00

[SCG54-05] 摩擦溶融時におけるチャートの粘性すべり挙動

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1] (1.筑波大学、2.山口大学)

12:00 ~ 12:15

[SCG54-06] 石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4] (1.山口大学大学院創成科学研究科、2.大和探査技術株式会社、3.金沢大学環日本海域環境研究センター、4.金沢大学自然科学研究科)

周期的なせん断を受けたジャミング転移点近傍の粉体のレオロジー
Rheology of granular materials near the jamming transition under oscillatory shear

*大槻 道夫[1]、早川 尚男[2]
*Michio Otsuki[1], Hisao Hayakawa[2]

1. 大阪大学基礎工学研究科、2. 京都大学基礎物理学研究所
1. Graduate School of Engineering Science, Osaka University, 2. Yukawa Institute for Theoretical Physics, Kyoto University

粉体やコロイドなどのアモルファスな粒子の集合体を等方的に圧縮すると、充填率がある閾値よりも低い場合に系は流体的に振る舞う一方、充填率が閾値を越えると剛性が発生し系は固体的な状態へ変化する。この現象はジャミング転移と呼ばれ、近年になって大きな注目を集めている[1]。従来の研究では、こうした充填率の変化に対する物性の変化が主に議論されていたが、近年ではさらにせん断変形を加えた際の相変化に関する研究が進みつつある。

こうしたせん断変形が粉体に与える影響を調べるために、本研究では離散要素法を用いて周期的なせん断変形を受けた粉体のシミュレーションを実施した。その結果、充填率が転移点よりもわずかに小さい場合、せん断変形によって流体的な状態から固体的な状態へと遷移するシア・ジャミングと呼ばれる現象が発生することを発見した[2]。また、充填率が転移点よりも大きい場合、塑性変形を伴う降伏が発生し、極端な場合はせん断による固体的な状態から流体的な状態への変化も発生することを発見した。講演では、こうしたせん断によって誘起されるレオロジー特性の変化に関して、粒子の平均自乗変位、応力歪み曲線に現れる非線形応答など多角的な視点から解析を進めた結果を報告する。

[1] M. van Hecke, J. Phys.: Condens. Matter 22, 033101 (2009).
[2] M. Otsuki and H. Hayakawa, arXiv:1810.03846.

キーワード：レオロジー、粉体、ジャミング転移
Keywords: Rheology, Granular materials, Jamming transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The real-scale numerical sandbox experiments for understanding stress state in accretionary prisms

*古市 幹人[1]、Arthur Bauville[1]、西浦 泰介[1]、堀 高峰[1]、桑野 修[1]
*Mikito Furuichi[1], Arthur Bauville[1], Daisuke Nishiura[1], Takane Hori[1], Osamu Kuwano[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

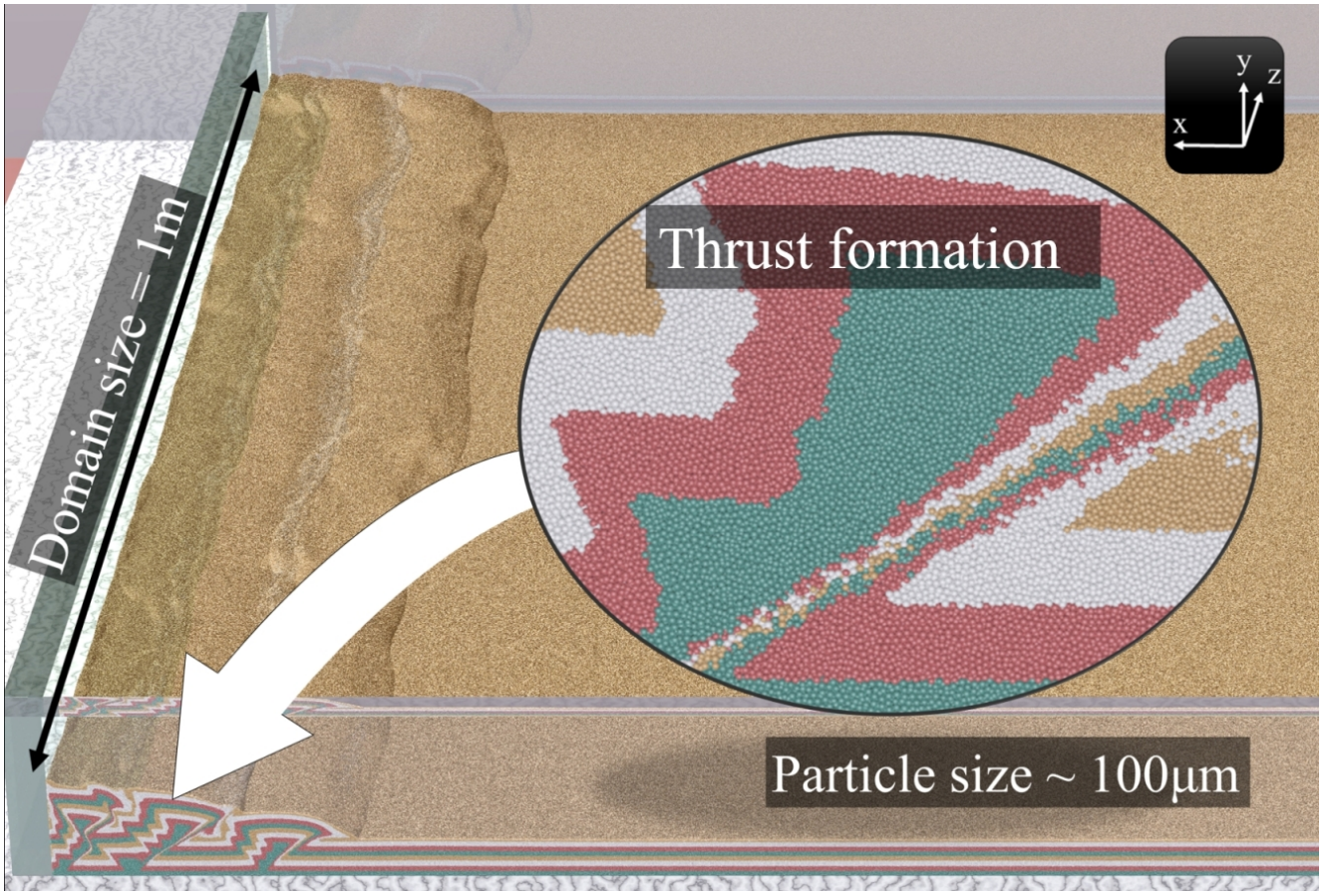
The sandbox experiment is known as a scaled physical analog model of accretionary prisms. Thus, understanding the stress state inside the sand layer is the interesting challenge of the geology. However, measuring stress states in laboratory sandbox experiments is still practically infeasible. Here we performed real-scale numerical sandbox experiments using the Discrete Element Method (DEM) to understand the 3D stress state in the accretionary prism. The critical bottleneck of DEM was the limited number of particles acceptable for practical computation time and it was difficult to simulate a system with a huge number of particles required by such as our target sandbox test with realistic particle size. We had overcome this issue by developing the dynamic load balancing technique for the DEM codes and run the real-scale numerical sandbox simulation using up to 2.4 billion particles [Furuichi et.al. 2017]. We also performed the large-scale stress chain analysis. One of the interesting findings was that the simulation of the horizontal shortening of the granular layer showed undulated margins similar to those observed in accretionary prism, despite the nearly uniform initial conditions. The 3D stress chain analysis that is practically infeasible for the laboratory experiment studies, revealed that arcuate faults emerge from micro-scale perturbations owing to the formation of the stress arch [Furuichi et.al. 2018]. Furthermore, analyses demonstrate that the in-situ stress orientation from borehole data can be a signal of either the regional direction of plate convergence or the local stress orientation associated with such a stress arch. The results may greatly enhance the outcome of long-term monitoring in areas, such as the Nankai Trough. In this contribution, we also investigated the stress state associated with a seamount (indenter) entering the accretionary prisms. The role of indenter was significant as a frictional heterogeneity to control the tomography (taper angle), material transport and stress chain distribution. Especially, amount of sediment covering the indenter was transported inward without deformation. This mechanism potentially constructs the thick low-velocity zone into the plate boundary, the subduction channel. In this presentation, we discuss the detail mechanism of these observed compressional events inside the sand layers.

[Furuichi et.al. 2017] M. Furuichi, D. Nishiura, Comput. Phys. Comm. (2017) DOI:10.1016/j.cpc.2017.05.015

[Furuichi et.al. 2018] M. Furuichi, D. Nishiura, O. Kuwano, A. Bauville, T. Hori, H. Sakaguchi, Scientific Reports (2018), DOI:10.1038/s41598-018-26534-x

キーワード：付加体、内部応力、DEM
Keywords: Accretionary prism, Stress, DEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フェーズフィールドモデルによるマクスウェル流体破壊挙動の数値解析
Numerical analysis on the fracture of Maxwell fluid by phase field models

*亀田 正治[1]、山西 渓太[1]、山中 晃徳[1]、市原 美恵[2]
*Masaharu Kameda[1], Keita Yamanishi[1], Akinori Yamanaka[1], Mie Ichihara[2]

1. 東京農工大学 工学府 機械システム工学専攻、2. 東京大学 地震研究所
1. Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

発泡マグマの固体的破砕は、爆発的な噴火の重要な過程である。実際の爆発における減圧時間に関する最近の推定は、破砕のスタイルが「脆性的破砕」であることを示している（Kameda et al. J. Volcanol. Geotherm. Res 2013）。すなわち、バルクのレオロジー特性が流体に近い場合でも、材料の固体状の破壊が発生する。また、実験を通して、気泡分布の空間的不均一性が脆性的破砕にいたるき裂発生の主要な原因である、という見通しを得た（Kameda et al. Sci. Rep. 2017）。

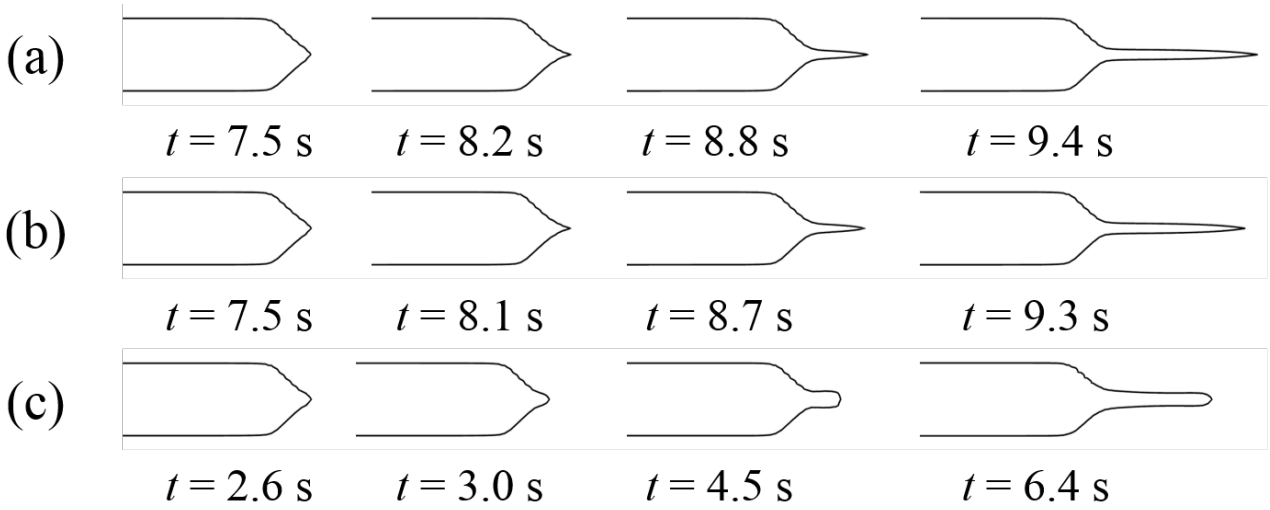
脆性的破砕を数値計算によって再現することを目指して、我々はKuhnら（Comput. Mat. Sci. 2015）によって開発されたフェーズフィールド破壊モデルを用いて粘弾性流体における破壊現象を連続体的に記述することを提案する。フェーズフィールドモデルでは、いわゆる「秩序変数」と呼ばれる場における連続変数によって、マグマと気泡（またはき裂）とを分別する。破壊の進展は、秩序変数の時間発展を記述するフェーズフィールド破壊モデルと材料の変形を記述する力学モデルを組み合わせて解くことによって得られる。数値シミュレーションのプラットフォームとして、市販のマルチフィジックスソルバー（COMSOL）を使用した。フェーズフィールド破壊モデルは、COMSOLのPDEソルバーを使用して解いた。材料の力学は、ソルバーに用意されている従来の有限要素解析（FEM）を使用して計算した。また、マグマのレオロジーは線形マクスウェル流体であると仮定した。

まず、一定の伸び率での引張試験における、切欠きを有する二次元平板のき裂進展をシミュレーションした。純粋な弾性体（図１(a)）または十分に高い粘性を有する粘弾性流体（図１(b)）において鋭い先端を有するき裂の拡大を得た。これに対し、粘性が中程度の粘弾性流体（図1(c)）では、き裂進展が始まった後に先端が鈍頭化した。その後、さらに引張続けることによって、再びき裂が広がった。

次に、中心に大きな気泡を含む球形の多孔質材料におけるき裂の発生と伝播をシミュレートした。材料内には、大きな気泡に加えて、その近くに2つのサテライト気泡を配置した。材料外側の圧力を下げて、材料内に不均一な応力場を発生させた。その結果、サテライト気泡間に平面クラックが発生した。き裂は外側境界に達し、その後き裂が鋭く開口した。本計算におけるき裂伝播の時間スケールは、実験（Kameda et al. Sci. Rep. 2017）で観察されたスケールと同等であった。一方、この時間スケールは、Karmaら（Phys. Rev. Lett. 2001）によって提案された別のフェーズフィールド破壊モデルでシミュレートされたスケールよりもはるかに小さい。

キーワード：マグマ、破壊、フェーズフィールドモデル
Keywords: Magma, Fracture, Phase field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応がプレート沈み込み帯の炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスに及ぼす影響

Diagenesis- and earthquake-driven transformations of carbonaceous materials and their implication for frictional strength and earthquake rupture dynamics in carbon-bearing plate-subduction faults

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Osaka University

プレート沈み込み帯における断層物質の様々な物理化学反応は，例えばスメクタイトのイライト化や非晶質シリカの結晶化などが挙げられ，プレート沈み込み帯の岩石強度および地震ダイナミクスを支配しうることが指摘されている．炭質物は様々な地域のプレート境界断層・内陸活断層中に存在する普遍的な物質の一つであり，その熟成反応は地震時の断層岩の摩擦強度に影響を及ぼすことが先行研究から指摘されている．しかし，炭質物の熟成度と摩擦強度の関係を系統的に調べた研究は無く，続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熟成反応が炭質断層の摩擦強度・ラプチャダイナミクスにどう影響するのかは未だ不明であった．本研究では，異なる4種類の熟成度の炭質物（褐炭，瀝青炭，無煙炭，グラファイト）について高速摩擦実験および元素分析，透過電子顕微鏡観察，X線回折分析，赤外・ラマン分光分析を実施した．高速摩擦実験の結果，炭質物の熟成度および結晶度の増加に伴って，摩擦実験の初期に存在するピーク摩擦強度が減少していくことがわかった（褐炭：0.5，グラファイト：0.2）．また分光分析の結果から，低熟成（褐炭・瀝青炭）および中熟成（無煙炭）の試料は高速摩擦滑りによって熟成度を増加させる一方，高熟成（グラファイト）の試料は熟成度を減少させることがわかった．実験時の破壊エネルギーおよび応力比が熟成度の増加に伴って減少および増加することを考慮すると，続成作用および地震性滑りに伴う炭質物の熱熟成反応は，プレート沈み込み帯に存在する炭質断層の摩擦強度およびラプチャダイナミクスの深度依存性に影響を与えうることが示唆された．

キーワード：地震、炭質物、熱熟成、摩擦係数、プレート沈み込み帯、ラプチャダイナミクス
Keywords: Earthquake, Carbonaceous material, Thermal maturation, Friction coefficient, Plate subduction zone, Rupture dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

摩擦熔融時におけるチャートの粘性すべり挙動
Viscous behavior of chert during frictional melting

*本橋 銀太[1]、大橋 聖和[2]、氏家 恒太郎[1]
*Ginta Motohashi[1], Kiyokazu Oohashi[2], Kohtaro Ujiie[1]

1. 筑波大学、2. 山口大学
1. University of Tsukuba, 2. Yamaguchi University

Pelagic chert is one of the major lithology in accretionary complexes. Thus, frictional properties of chert at seismic slip rates are important for understanding of earthquake faulting in subduction zones. Here, we conducted high-velocity friction experiments on chert collected from the Jurassic accretionary complex in central Japan at a slip rate of 1.3 m/s and normal stresses of 5–13 MPa under room humidity conditions. The results show that initial slip weakening was followed by slip strengthening and subsequent second slip weakening toward a steady-state shear strength. Slip strengthening resulted from the formation of a silica-rich melt layer (experimentally generated pseudotachylyte) at lower melting temperatures than expected. The chemical composition of the pseudotachylyte matrix suggests the frictional melting of quartz with a small amount of illite, which may contribute to reduce melting temperatures. The second slip weakening occurred despite an increasing shear strain rate because of the thinning of the melt layer, implying that the viscosity of the melt layer decreased with slip. The estimated temperatures before and after the second slip weakening and microstructural and chemical features of experimentally generated pseudotachylytes suggest that the viscosity decrease during the second slip weakening is not due to a change in the chemical composition of melt layer, but rather a temperature increase in the melt layer.

キーワード：摩擦熔融、チャート、高速摩擦実験
Keywords: frictional melting , chert, high-velocity friction experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

石英粒子の光刺激ルミネッセンス（OSL）に対する摩擦と粉砕の影響
Effect of friction and comminution on the optically-stimulated luminescence of quartz grains

*大橋 聖和[1]、赤瀬川 幸治[2]、蓑毛 裕希[1]、長谷部 徳子[3]、三浦 知督[4]
*Kiyokazu Oohashi[1], Koji Akasegawa[2], Yuki Minomo[1], Noriko Hasebe[3], Kazumasa Miura[4]

1. 山口大学大学院創成科学研究科、2. 大和探査技術株式会社、3. 金沢大学環日本海域環境研究センター、4. 金沢大学自然科学研究科
1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 2. Daiwa Exploration & Consulting Co., Ltd., 3. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4. Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University

鉱物の光刺激ルミネッセンス（Optically-stimulated luminescence; OSL）は比較的低温・短時間の熱パルス（300˚C，数十秒）に対して不安定であり，地震時の摩擦発熱によってシグナルがリセットされる可能性が指摘されている（Yang et al., 2018, Quat. Geochronol.）．この特性を利用して，断層の直接年代測定法として適用することが提案されているが，摩擦や粉砕に対して信号がどのように変化するかはまだ十分に理解されていない．本研究では，石英粒子に対して変位量一定・速度可変（10 m，200 μm/s～1.3 m/s）の摩擦実験群，および速度一定・変位量可変（200 μm/s，0.1～30 m）の実験群を実施し，回収試料のOSL測定とガス吸着法（BET法）による比表面積測定から摩擦・粉砕現象に伴うOSL信号変化を議論する．

摩擦実験には，花崗岩から抽出した天然の石英粒子（<150 μm）に3.15±1.66 Gyの等価線量を照射したものを使用した．また，実験は全て垂直応力1 MPaの条件下で実施した．回収試料のOSL測定は，粉砕の影響を評価するために粗粒（75–150 μm）と細粒（<75 μm）のフラクションに分け実施した．比表面積測定は<75 μmのフラクションにのみ実施した．

OSL測定の結果，すべての実験において粗粒フラクションより細粒フラクションの方が発光強度（Lx/Tx）が高い傾向が認められた．また，速度可変実験後の細粒フラクションにおいて，速度の増加に伴うFast～Medium成分の増大が認められた．なお，0.25 m/s以上では摩擦発熱によって信号はゼロ化する（蓑毛ほか, 2019本大会）．回収試料の比表面積測定の結果，細粒試料に摩擦実験に伴う明瞭な細粒化が認められた．しかしながら，速度可変実験においてFast～Medium成分の増大が認められた試料において，速度との明瞭な相関関係は認められなかった．また，変位量可変実験でもOSL信号と比表面積の間に相関関係は認められなかった．これらのことは，認められたOSL信号の変化には，新生界面の形成（細粒化）以外にもトライボエミッションのような速度依存性を持った電子生成プロセス（中山, 2006, 真空）が寄与していることを示唆する．

[謝辞]本研究は平成27～30年度原子力施設等防災対策等委託費（野島断層における深部ボーリング調査）事業の支援を受けています．

キーワード：光刺激ルミネッセンス、摩擦実験、BET比表面積、トライボルミネッセンス
Keywords: Optically stimulated luminescence, Friction experiment, BET specific surface area, Triboluminescence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A09 東京ベイ幕張ホール

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)、座長:田阪 美樹(島根大学)、石橋 秀巳(静岡大学)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SCG54-07] 寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性

★招待講演

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2] (1.国土防災技術株式会社、2.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG54-08] 中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2.ユトレヒト大学、3.東北大学大学院理学研究科、4.北海道大学大学院理学院自然史研究科)

14:15 ~ 14:30

[SCG54-09] かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1] (1.広島大学)

14:30 ~ 14:45

[SCG54-10] 衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.熊本大学パルスパワー研究センター)

14:45 ~ 15:00

[SCG54-11] 回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

★招待講演

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4] (1.東京工業大学、2.九州大学、3.京都大学、4.愛媛大学、5.公益財団法人高輝度光科学研究センター)

15:00 ~ 15:15

[SCG54-12] 六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.岡山大学惑星物質研究所、3.高輝度光科学研究センター)

寒候期に不安定化する地すべりの動態を規制するスメクタイトの摩擦特性
Frictional behaviors of smectite clay: constraints for the mobility of slow-moving landslides in the cold season

*柴崎 達也[1]、松浦 純生[2]
*Tatsuya Shibasaki[1], Sumio Matsuura[2]

1. 国土防災技術株式会社、2. 京都大学防災研究所
1. Japan Conservation Engineers and Co., Ltd, 2. DPRI, Kyoto University

日本国内では，特に新第三紀の堆積岩地帯や火山体周辺の熱水変質岩地帯において，スメクタイトを含む地層で地すべりが頻繁に発生している。大変位を受け残留せん断状態にあるスメクタイトに富む粘土は摩擦係数が小さく，これを滑材とする地すべりは非常に緩やかな斜面でも安定を損ないやすい。また，その移動速度は0.01～0.1 mm/min前後での観測例が統計的にも多く，毎年同じような時期に緩慢な移動を繰り返す特性がある。地すべり多発地帯として知られる新潟県内で発生した地すべりの動態観測によると，寒候期に多様な運動パターンを示すことが明らかとなっている。晩秋期や積雪初期から移動を開始するものや，厳冬期に移動を開始するもの，融雪期に移動するものがあるが，このような多様な運動パターンを規定する要因がよくわかっていない。そこで筆者らは，浅い小規模な地すべりほど晩秋から積雪初期に移動を開始する事例が多いことに注目し，地すべり面を含む不撹乱試料を用いた繰り返し一面せん断試験や，再構成した粘土を用いたリングせん断試験により，粘土の残留強度の温度依存特性を検証した。その結果，スメクタイトに富む粘土は，0.1 mm/min以下の低速条件において，低温環境ほど摩擦抵抗が低下する特性があることが判明した。つまり，寒候期に緩慢な地すべり移動を生じる要因として，間隙水圧の変動以外に季節的な地温変動が関与している可能性が示唆される。せん断速度によって温度依存特性が変化する要因としては，せん断面におけるスメクタイト粒子の配向状態が関与しているものと考察している。

参考文献
1) Shibasaki T., Matsuura S., and Okamoto T. (2016): Experimental evidence for shallow, slow-moving landslides activated by a decrease in ground temperature. Geophysical Research Letters, 43, 13, 6975-6984. doi.org/10.1002/2016GL069604
2) Shibasaki T., Matsuura S., and Hasegawa Y. (2017): Temperature-dependent residual shear strength characteristics of smectite-bearing landslide soils. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 122, 2, 1449-1469. doi.org/10.1002/2016JB013241

キーワード：地すべり、スメクタイト、残留強度、温度依存
Keywords: Landslide, Smectite, Residual strength, Temperature dependency

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線における深部断層摩擦強度: 緑泥石の影響
Strength of a deep fault zone along the Median Tectonic Line: Influence of chrolite friction

*清水 以知子[1]、岡本 あゆみ、Niemeijer Andre[2]、Spiers Christopher[2]、荒井 駿[3]、竹下 徹[4]
*Ichiko Shimizu[1], Ayumi S. Okamoto, Andre R. Niemeijer[2], Christopher J. Spiers[2], Shun Arai[3], Toru Takeshita[4]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、2. ユトレヒト大学、3. 東北大学大学院理学研究科、4. 北海道大学大学院理学院自然史研究科
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Faculty of Geosciences, Utrecht University, 3. Tohoku University, 4. Hokkaido University

To explore the fault strength at the middle crustal levels, we conducted high-pressure hydrothermal experiments using natural fault rocks exposed along the Median Tectonic Line (MTL), focusing on the role of chlorite in fault weakening. Chlorite is a hydrous mineral commonly observed in basic metamorphic rocks and fault zones, and is known to have low friction coefficients around 0.3–0.4 at room temperature water saturated conditions (Behnsen and Faulkner, 2012), and about 0.3 at hydrothermal conditions (Okamoto et al., *in review*).

The experiments were performed on powdered samples of cataclasite and protomylonite, which are originated from tonalite or basic rocks in the Ryoke belt on the northern side of MTL. Cataclasites contain ~30 wt.% mica and clay minerals. Among them, chlorite-rich cataclasite (Chl-cataclasite) contains ~14 wt.% chlorite, and mica-rich cataclasite (Ms-cataclasite) contains ~14 wt.% white mica. Chlorite geothermometer (Bourdelle *et al.*, 2013, CMP) yields a bimodal distribution (230–240˚C and 290–340˚C) for the protomylonite sample. The low-temperature chlorite occurs as blobs with the diameter of ~1–2 mm, which contain lamella of white mica. These chlorite grains are considered as pseudomorphs of biotite. The high-temperature chlorite filled fractures and interstice of grains. We therefore interpreted that brittle deformation first occurred at a temperature around 300˚C and subsequent hydrothermal alteration occurred at 230–240˚C. Chl-cataclasite also shows a bimodal temperature distribution (180–220˚C and 240–300˚C), although no clear relationships between temperatures and microstructures were found.

To simulate the deformation conditions at depth, friction experiments were conducted at temperature of 300˚C, normal stress of 300 MPa, and pore fluid pressures of 120 MPa and 240 MPa, using the hydrothermal ring shear apparatus at Utrecht University. Sliding velocities were varied from 0.001 mm/s to 0.1 mm/s. The steady-state friction coefficients obtained for protomylonite were ~0.68, whereas those for Ms- and Chl-cataclasites were ~0.65 and ~0.56 at 120 MPa, and ~0.87 and ~0.66 at 240 MPa, respectively. Velocity stepping tests yielded velocity-weakening or neutral behaviours, although existing laboratory data for pure chlorite gouges mostly show velocity-strengthening behaviours. Our results indicate that fault strengths and sliding behaviours in the middle crusts are not drastically changed by the presence of phyllosilicates even if chlorite contents in fault zones are relatively high (<14 wt.%).

キーワード：摩擦、断層強度、高温高圧実験
Keywords: friction, fault strength, high-PT experiments

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

かんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度の変化
Changes in seismic wave velocity during brittle deformation of gabbro and peridotite

*赤松 祐哉[1]、片山 郁夫[1]
*Yuya Akamatsu[1], Ikuo Katayama[1]

1. 広島大学
1. Hiroshima University

モホ面は地震波速度の不連続で定義され，一般的には地殻とマントルの物質境界と解釈される．海洋地殻は中央海嶺のマグマシステムによって連続的に生成されるため，モホ面での地震波速度の不連続や反射面は海洋プレート内で一様に観測されることが期待される．しかし，近年の海底下の地震波探査では，モホ面での地震波の反射強度に地域性があることが報告されている（例えば，Mutter and Carton, 2013; Ohira et al., 2018）．地震波速度はマイクロクラックの存在に大きく影響を受けるため，それらの地震波速度異常にマイクロクラックが寄与している可能性がある．脆性変形中のかんらん岩は苦鉄質岩に比べて著しく小さい非弾性体積膨張（ダイラタンシー）を示すことが，三軸圧縮試験における歪み測定から明らかになっている（Akamatsu et al., 2019）．このダイラタンシーの違いは，脆性変形中の地震波速度の変化が地殻とマントルで異なることを示唆しており，モホ面での地震波速度異常を引き起こしている可能性がある．そこで本研究は，かんらん岩とはんれい岩の変形中の地震波速度を測定し，脆性変形が地震波速度と反射強度に与える影響について考察した．

試料にはオマーンオフィオライトのはんれい岩と幌満かんらん岩を用い，三軸変形試験中に地震波速度の測定を行った．実験は広島大学の容器内透水変形試験機を用いて，室温，歪み速度~10^{-6} s^{-1}，封圧20 MPaの条件で行った．その際，圧縮軸に垂直な方向を透過する弾性波（P波・S波）を測定し，試料幅とパルス透過法で得られた走時から地震波速度を算出した．なお，S波は圧縮軸に平行に振動するSH波と，垂直に振動するSV波の2種類を測定した．

はんれい岩は破壊に近づくにつれVp，Vsともに大きく低下した（Vp: ~40%, Vs: ~30%）．また，地震波速度から求めたクラック密度は，圧縮軸に平行なマイクロクラックが卓越していることを示した．これらの結果は，苦鉄質岩の歪み測定と破壊後の微細組織観察と整合的である（Akamatsu et al., 2019）．一方かんらん岩の Vp，Vs の低下ははんれい岩に比べて小さく（<20%），圧縮軸に平行なクラック密度もはんれい岩に比べて著しく小さい値を示した．この結果は，脆性変形中のかんらん岩で形成されるマイクロクラックが主に剪断性（モードII）のクラックであることを示唆しており，歪みと微細組織観察の結果とも整合的である．これらのかんらん岩とはんれい岩の脆性変形に伴う地震波速度とクラック密度の変化の違いは，モホ面での地震波速度の不連続と反射強度に影響を与えている可能性があり，海洋プレート内のモホ面の多様性に寄与していると考えられる．

キーワード：かんらん岩、はんれい岩、地震波速度、脆性変形、ダイラタンシー、マイクロクラック
Keywords: Peridotite, Gabbro, Seismic wave velocity, Brittle deformation, Dilatancy, Microcrack

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衝撃圧縮によるMgOの転位組織とその生成機構
Dislocation textures in shock-compressed MgO and their formation mechanisms

*藤野 清志[1]、Xun Liu[2]、真下 茂[2]
*Kiyoshi Fujino[1], Xun Liu[2], Tsutomu Mashimo[2]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 熊本大学パルスパワー研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Institute of Pulsed Power Science, Kumamoto University

地球惑星科学における高圧下での物質の変形現象は，静的あるいは準静的条件下と同様，衝撃圧縮条件下でも数多くみられる．しかし，静的あるいは準静的な圧縮変形による変形組織の研究に比べ，衝撃圧縮変形による変形組織の研究例は極めて限られている．本研究では，こうした衝撃圧縮変形による転位組織に着目し，地球深部物質に関係するMgOについて衝撃圧縮実験を行い，回収した試料を透過電子顕微鏡で観察し，そこに見られる転位組織の詳細を明らかにするとともに，それら転位組織が生成される機構を明らかにすることを目ざした．これらの研究結果は，隕石等の衝撃現象を解明する上で大きく貢献すると思われる．

MgOにおける変形機構で主となる転位のすべり系の挙動を比較検討するため，熊本大のパルスパワー研究所で火薬銃によりMgOの単結晶試料を<100>と<110>の異なった結晶方位方向で衝撃圧縮実験を行った．<100>方向圧縮ではピーク圧力29.3 GPaで，また<110>方向圧縮ではピーク圧力10.7 GPa と29.3 GPaの２条件で，それぞれ回収実験を行った．実験で回収した試料について愛媛大GRCの200 kV透過電子顕微鏡で観察し，それら回収試料に見られる転位の詳細を調べた．

これまでのMgOの転位のすべり系についての報告では，バーガースベクトルは常に $(\boldsymbol{a}_1 + \boldsymbol{a}_2)/2$で，すべり面は{110}と{100}が主であったが，今回の衝撃圧縮実験では，<100>方向圧縮の試料ではすべり面が{110}の転位しか観察されないのに対し，<110>方向圧縮ではピーク圧力10.7 GPaの試料では転位のすべり面が{110}のみであったが，ピーク圧力29.3 GPa の試料ではすべり面として{110}と{100}の両方が観察された．これらの観察結果は，衝撃圧縮実験における粒子速度履歴の観察結果に基づいてなされた予測と整合的で，MgOにおける転位のすべり面が圧力の上昇とともに{110}から{100}に変わることを示すと思われる．また，観察された転位組織の中には，静的あるいは準静的圧縮変形では見られないような転位組織も含まれていた．講演ではこうした転位組織について報告するとともに，それら転位組織の生成機構について議論する予定である．

キーワード：衝撃圧縮、MgO、透過電顕観察、転位のすべり系
Keywords: shock compression, MgO, TEM observation, slip system of dislocation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

回転式ダイヤモンドアンビルセルの開発と下部マントル物質の大歪変形実験

Development of rotational diamond anvil cell and large strain deformation experiments of lower-mantle materials

*東 真太郎[1,2]、野村 龍一[3,4]、上杉 健太朗[5]、西原 遊[4]、土居 峻太[4]、有本 岳史[4]、入舩 徹男[4]
*Shintaro Azuma[1,2], Ryuichi Nomura[3,4], Kentaro Uesugi[5], Yu Nishihara[4], Doi Shunta[4], Takeshi Arimoto[4], Tetsuo Irifune[4]

1. 東京工業大学、2. 九州大学、3. 京都大学、4. 愛媛大学、5. 公益財団法人高輝度光科学研究センター
1. Tokyo Tech., 2. Kyushu Univ., 3. Kyoto Univ., 4. Ehime Univ., 5. Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)

The rheological properties of lower-mantle materials are key to understanding the dynamics and evolution in the Earth’s interior. However, the pressure range of deformation apparatuses which can achieve large strain is limited to ~30–40 GPa due to a technical reason. We developed the rotational diamond anvil cell (rDAC) which can conduct deformation experiments with large strain under ultra-high pressure conditions, corresponding to those of core-mantle boundary [Nomura et al., 2017]. The rDAC can apply the torsional deformation to sample with constant strain rate by a gearbox and diamond anvils with grooves [Azuma et al., 2018]. However, the stress measurement and high temperature conditions has not been achieved in rDAC. To solve these problems, the vacuum chamber newly designed for rDAC was installed and the stress measurements using X-ray Diffraction (XRD) were applied to deformation experiments in rDAC at SPring-8 (Japan). In this presentation, we will present the preliminary results of stress measurements, high temperature techniques in rDAC, and the results of deformation experiments of lower-mantle materials.

In this study, the mixture of bridgmanite (Mg,Fe)SiO_3 and ferropericlase (Mg,Fe)O, which was synthesized from San Carlos olivine, was deformed under torsion geometry using the rDAC. The experimental conditions are ranging 26–130 GPa, 300–673 K. Starting material was grooved by FIB and the groove was deposited by Pt as a strain-marker. Recovered samples were cut by FIB to observe the deformation microstructures in each cross-section. Deformation experiments were conducted at BL47XU, SPring-8 (Japan) and 3D visualization of strain marker within samples was performed every rotation angle of upper anvil of 5–30 degree using X-ray laminography technique [Nomura and Uesugi, 2016]. Stress was measured by collecting X-ray diffraction pattern at twelve different azimuthal angles, Ψ= 0º, ±30º, ±60º, ±90º, ±120º, ±150º, and 180º. Testing of the new vacuum chamber was also performed at SPring-8. The vacuum chamber has a removable Kapton window for incident and diffracted X-ray, and can keep the vacuum state (<~10 Pa) to prevent the diamond anvils from oxidation during high-temperature deformation experiments. Platinum wires were used as a resistance heater surrounding the sample and Rhenium gasket.

The geometry of strain-marker in cross-section of deformed samples show nearly simple shear (or general shear). Deformed microstructure of recovered samples was observed using FE-SEM and we determined the 2D surface area of ferropericlase and aspect ratio of bridgmanite. The deformation microstructures of the recovered samples showed that ferropericlase highly deformed and formed an interconnected weak layer. On the other hand, the aspect ratio of bridgmanite did not change with the strain, indicating that bridgmanite has high viscosity compared with ferropericlase. These results imply that ferropericlase

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

dominates the deformation in the regions where large shear strain occurs under relatively low-temperature conditions in the lower mantle (e.g., mantle portion in subducted slabs).

Stress in bridgmanite was estimated by using diffraction peaks (110) and (112) at P = 50 GPa and T= 673 K. Shear stress in bridgmanite was relatively constant values, whereas uniaxial stress changed during deformation experiments. This preliminary experiment was performed under low-temperature and high-pressure conditions, thus the equivalent stress in bridgmanite was about three times higher than that in previous studies [Girard et al., 2016].

In heating experiments using new vacuum chamber, temperature was monitored by Pt/Rh thermocouple placed close to the sample and and we succeeded in increasing temperature up to ~1000 K. However, the resistance heater (Pt) was unstable in vacuum. In the future, high-temperature deformation experiments using rDAC will be conducted in reducing atmosphere produced by inactive gas or internal heating system should be developed for rDAC.

キーワード：下部マントル、回転式ダイヤモンドアンビルセル 、変形
Keywords: Lower mantle, Rotational diamond anvil cell, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

六方最密構造(hcp)鉄のレオロジー
Rheology of hcp-iron

*西原 遊[1]、土居 峻太[1]、辻野 典秀[2]、山崎 大輔[2]、肥後 祐司[3]
*Yu Nishihara[1], Doi Shunta[1], Noriyoshi Tsujino[2], Daisuke Yamazaki[2], Yuji Higo[3]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 岡山大学惑星物質研究所、3. 高輝度光科学研究センター
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Institute of Planetary Materials, Okayama University, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

地球中心に位置する固体金属の内核には、南北方向に伝播するP波が赤道方向のものに対し約3%も高速となる大きな地震波異方性が存在することがわかっている。この内核の異方性の成因には、さまざまなメカニズムが提唱されているが、現在までに一致した見解は得られていない。Lasbleis and Deguen (2015) によれば、内核の年齢（内核冷却速度の逆数に相当）と粘性率の値によって内核ダイナミクスの支配的なメカニズムが異り、異方的成長（Yoshida et al., 1996）、熱対流 (Jealoz and Wenk, 1988) をはじめとするいくつものメカニズムが可能性を持つとされる。しかしながら、内核年齢と粘性率はよく制約されていないため、いずれのメカニズムも現在の内核ダイナミクスの支配的メカニズムである可能性を持っている。内核の粘性率は内核を構成する六方最密構造(hcp)鉄の流動変形の力学的性質（レオロジー）によって決まっていると考えられるため、hcp鉄の高温高圧でのレオロジーの理解が重要である。本研究では、内核異方性形成メカニズムに制約を与えることを目的として、高温高圧変形実験によってhcp鉄のレオロジーの決定を目指した。

実験は高エネルギー加速器研究機構、PF-AR、NE7A設置のD111型変形装置 およびSPring-8、BL04B1設置のD-DIA装置SPEED-MkII-Dを用いて行った。直径0.5 mm、高さ0.5-0.6 mmに成型したbcc鉄焼結多結晶体を用いて、一定歪速度における高温高圧変形実験を行なった。変形の条件はT = 423–873 K、P = 16.9–22.6 GPa、一軸圧縮歪速度0.2–5.2×10^{-5} s^{-1}である。実験中の試料の差応力は60 keVの放射光単色X線を用いた２次元X線回折により、歪はX線ラジオグラフィーにより決定した。

実験の結果、約700K以上の高温では、5に近い応力指数の値が得られた。これは純金属のべき乗則クリープで一般的な値である。いっぽうで、より低温ではべき乗則の崩壊 (power-law breakdown) が起こり、流動応力はほとんど歪速度に依存せず、また温度依存性も非常に小さかった。融点規格化に基づいた予察的な見積もりによると、内核条件でのhcp鉄の粘性率は10^{21} Pa s以上の高い値を持つことが示唆される。

キーワード：hcp鉄、内核、レオロジー
Keywords: hcp-iron, inner core, rheology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究
First-principles study on frictional characteristics of gibbsite

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2]
*Hanaya Okuda[1], Kenji Kawai[1], Hiroshi Sakuma[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 2. Research Center for Functional Materials, National Institute for Materials Science

層状の結晶構造を持つ層状鉱物は断層の剪断部に多く存在することが知られている(e.g. Chester et al., 2013)。層状鉱物は一般的な岩石に比べて低い摩擦係数を持ち、かつ鉱物種によって多様な摩擦係数を示すことから、層状鉱物の摩擦特性は断層のすべり挙動を支配していると考えられている(Byerlee, 1978; Moore & Lockner, 2004)。この低く多様な層状鉱物の摩擦特性は、原子スケールの真実接触面を考え、層状鉱物の層間における剪断時のポテンシャルエネルギー変化と物質の降伏強度から理論的に推測できることがSakuma et al. (2018)やOkuda et al. (submitted)によって近年示唆されている。

本研究では水酸化マグネシウムの層状鉱物bruciteと水酸化アルミニウムの層状鉱物gibbsiteの摩擦特性に着目する。Moore & Lockner (2004)の摩擦実験ではbruciteの摩擦係数は0.42でかつstick-slipを示す一方、gibbsiteの摩擦係数は0.75で定常すべりを示す。この二つの鉱物はそれぞれMgO_6とAlO_6の八面体が二次元平面に広がった層(八面体シート)を形成する層状結晶を成し、共にほぼ同じような結晶構造を示す(図1)。その違いはMgとAlの価数の違いに伴ってbruciteが八面体シート中に空席を持たないのに対し、gibbsiteは八面体シート中に1/3の空席が存在することである(図2)。この二種類の八面体シートは層状珪酸塩の基本構造であり、八面体シートの結晶構造の違いが摩擦特性に与える影響を調べることは層状鉱物の摩擦特性の支配要因を明らかにする上で重要である。発表者はこれまでbruciteの摩擦特性について理論的な研究を行ってきた(Okuda et al., submitted)。本研究ではgibbsiteにおいて層間における原子スケール摩擦特性を密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算を用いて計算し、bruciteとの比較を行った。

予察的な結果においては、原子スケールにおいてgibbsiteはbruciteより低い剪断応力で剪断することが可能であることが明らかとなった。これは八面体シート中の空席の存在により、八面体シートから伸びるOH基の角度が大きく変化することが可能であることにより、gibbsiteの方がbruciteより剪断時にエネルギー的に安定な構造を容易に取りやすいことに起因している。またgibbsiteの降伏強度はモース硬度から推定すると1~2 GPaである(Mehrotra et al., 2015; Broz et al., 2006)。これはbruciteの降伏強度4.0 GPa (Okuda et al., submitted)と比べて小さい。摩擦の凝着説を考えると、この小さい降伏強度は摩擦係数を大きくする効果を持つ。発表においては原子スケール摩擦特性の定量的な議論および降伏強度を考慮したマクロな摩擦特性の推定を行い、bruciteとgibbsiteの摩擦特性の違いが何によって支配されているかについて議論を行う。

キーワード：層状鉱物、結晶構造、摩擦特性、Gibbsite、第一原理計算
Keywords: Sheet-structure minerals, Crystal structure, Frictional characteristics, Gibbsite, First-principles calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 1

Gibbsite ($Al(OH)_3$)

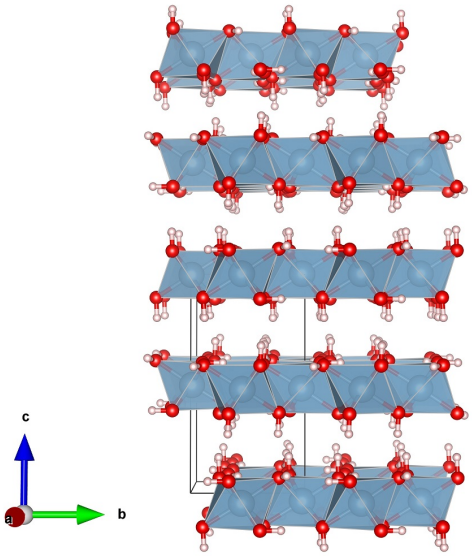
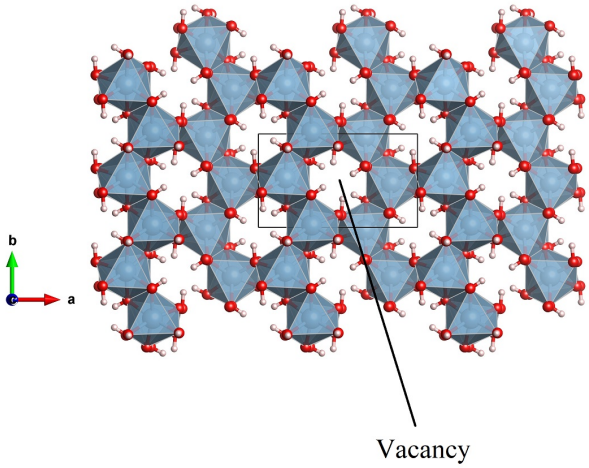
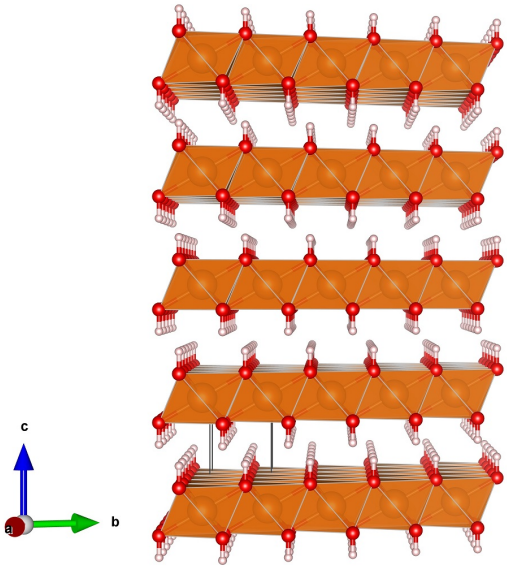
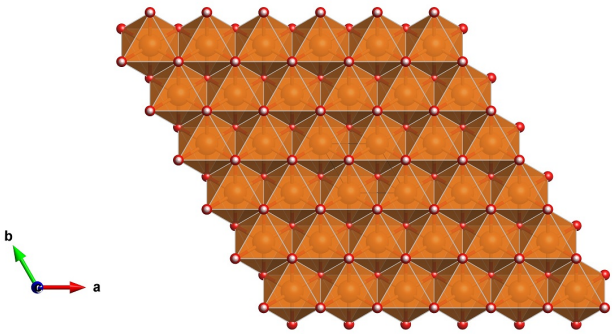


Figure 2



Brucite ($Mg(OH)_2$)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

Feasibility Study of Morphological Characterization to Comminuted Particles by A Particle Characterization Approach (4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2]
*Daisuke Sasakura[1], Osamu Kuwano[2]

1. スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2. 国立研究開発法人　海洋開発研究機構
1. MalvernPanalytical Japan ,Div of Spectris Co.Ltd,., 2. JAMSTEC

断層破砕帯は過去の断層破壊による粉砕、摩耗によってできた断層ガウジと呼ばれる粒子でみたされている。断層ガウジの粒子サイズ分布や粒子形状は、断層の摩擦強度に影響すると考えられる。また、それらの粒子形態情報は、過去の断層活動による破砕の様式や度合いを知る手掛りになるだろう。断層破砕帯における粒子サイズ分布はべき分布となることが知られており、べき指数は破砕の様式や進行度を反映していると考えられている。今回、粉砕の度合いと粒子サイズおよび形状の関係を調べるために、模擬粒子を用いた剪断粉砕実験を行ったので報告する。剪断粉砕実験は回転式剪断試験機を用いて、変位10mmから1mの範囲で行った。所定の変位量まで剪断した実験後の試料は回収後、乾式粒子画像分析装置Morphologi G3-SE(MalvernInstruments)を用いてサイズ分布および形状を測定した。異なる倍率の対物レンズを用いた、異なるサイズ計測範囲のデータを結合することで粒子径1μm-10mmの幅広い範囲でのサイズ分布を得た。測定の結果、変位量の増加とともに小粒径側から指数-1のべき分布が発達していくことが明らかになった。サイズ分布、形状測定の結果から、粉砕様式の変化について議論する。

キーワード：断層ガウジ、粒子サイズ、粒子形状、粉砕、フラクタル分布
Keywords: Fault gouge, Particle size, Particles Shape, Commutation, Fractal Distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1]
*Akio Goto[1]

1. 東北大学東北アジア研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

The viscosity of Izu Oshima basaltic lava flows, effused from summit crater in 1950-1951 and 1986 eruptions, were estimated from slope angle, thickness and surface velocity with supposed density of the flowing lava (Murauchi, 1950; Minakami, 1951; Shirao, 1986). They seem to be curious in that the viscosity of 1950 lava changed over two orders within 15 ˚C (1.7×10^4 Pa s at 1063 ˚C and 3.3×10^6 Pa s at 1048 ˚C), and 1950 lava at 1048 ˚C had over two orders higher viscosity than 1951 lava at 1038 ˚C (2.3×10^4 Pa s). Minakami (1951) also pointed out that the viscosity from field observation were several tens times higher than the measured viscosity in laboratory by Kani (1934). To solve these paradoxical observation results uniaxial compression viscometry was performed for 1986 LC lava cored cylindrically with 15 mm diameter and 30 mm high (Goto, 2017, JpGU meeting). Contrary to the expectation before the experiment that the viscosity decreases continuously with increasing temperature, the lava became deformable drastically at around 1100 ˚C, which did not seem to be by fluidization but by brittle failure; the middle of the cylindrical core was crushed and their surface skin was pushed out brittly. Below this temperature viscosity changed continuously with temperature, although they were almost at solid state range and much higher than the observed viscosity. These rheological properties were common for other Izu Oshima lavas: 1777 pahoehoe, 1950 aa and two types of 1951 pahoehoe (Goto, 2018, VSJ Fall meeting). A new question arose whether these properties were also common for other basaltic lavas. To confirm it Miyake-jima 1983 lava and Mt. Fuji Kemnarubi 1 (porphyritic) and 2 (aphyric) lavas were newly used for uniaxial compressional viscometry.

Similar deformation was seen for Miyake-jima and Mt. Fuji basaltic lavas, indicating that brittle behavior is common for most, if not all, basaltic lava when the drastic deformation occurs. As was also seen for Izu Oshima lavas the highly deformed sample had enough strength not to separate into pieces after the experiments, indicating melt phase surely existed. Melt composition analysis was impossible for Izu Oshima samples after the uniaxial compression experiments due to dendrite crystallization during cooling (10 ˚C/min); alternatively samples quenched after annealing was used for melt composition analysis to calculate the viscosity using the model by Giordano et al. (2008). The melt phase viscosity scattered within few orders even in each sample, i.e., at the same annealed temperature, due to the variation of the melt composition, and was almost similar with or within few orders higher than the viscosity observed by Murauchi (1950) and Minakami (1951) at the same temperature range. If 1 wt% water was supposed 2 orders viscosity decrease was expected, but high crystallinity (e.g., 50 vol% at 1105 ˚C and 78 vol% at 1095 ˚C in annealed sample) might compensate the viscosity decrease by water or rather heighten the bulk viscosity than observed lava flow viscosity. The mechanism of brittle deformation is not interpreted yet, but high mobility after the brittle deformation may sustain the low bulk viscosity of lava flow, and variation of melt composition at the same temperature may be the source of the above mentioned curious observed viscosity.

Acknowledgements

Mt. Fuji Kenmarubi lavas were provided by Dr. M. Yoshimoto in Mount Fuji Research Institute. This study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is supported by grant in aid for cooperative work from Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

キーワード：玄武岩質溶岩、粘性係数、脆性破壊
Keywords: basaltic lava, viscosity, brittle failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレーサイト状組織
Cataclasitic texture in gabbroic xenoliths of the Fuji 1707 eruption, Japan

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3]
*Hidemi Ishibashi[1], Yumiko Harigane[2], ATSUSHI YASUDA[3], Natsumi Hokanishi[3]

1. 静岡大学理学部地球科学専攻、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所
1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

富士山で最新の噴火である1707年宝永噴火の噴出物中には，粒間メルトを含む斑レイ岩が捕獲岩としてしばしば含まれている．このような斑レイ岩捕獲岩は，マグマだまり内部でおこる諸現象の直接的情報源として重要である．今回，この斑レイ岩捕獲岩を300試料あまり観察した中で，カタクレーサイト状組織を示すものを複数発見した．斑レイ岩のカタクレーサイトがマグマに捕獲されるということは，富士山の地下でマグマ供給系と断層が互いに切り合っている可能性を示唆する．そこで本研究では，このカタクレーサイト状組織の特徴について観察・記載するとともに，構成鉱物の化学組成を分析も行い，この組織の形成過程について検討した．

本研究で確認したカタクレーサイト状組織は，主に破砕岩片と細粒基質部から構成され，破砕岩片ないしは未破砕部と細粒基質部の割合にはバリエーションが見られた．一部の斑レイ岩試料に破砕流動に伴う面構造が発達していた．構成鉱物組み合わせは，斜長石＋オリビン＋輝石＋磁鉄鉱＋イルメナイトで，粒間にガラスがしばしば確認できる．この組み合わせは，未変形の斑レイ岩捕獲岩試料と同一である．未変形の斜長石には波動消光はほとんど確認できないが，細粒部の斜長石には波動消光が確認できる．未破砕部には割れ目が発達しており，これにしばしばメルトが浸透している．また，オリビンとこのメルトの間には輝石の反応縁が発達している．

未破砕部の割れ目に浸透したメルトの化学組成はSiO_2～75wt.%の流紋岩質であり，宝永噴火で噴出したメルト組成とは異なる．このことから，このメルトは捕獲岩の母岩メルト由来ではない．また鉱物組み合わせから，変形に伴う溶融起源とも考えにくい．一方で，カタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩中の斜長石に含まれるメルト包有物には，同等の化学組成のものが確認できることから，破砕組織形成時に近傍に存在していたメルトが浸透したものと考えられる．元素拡散の比較的速いFeTi酸化物の化学組成から見積もった温度と斜長石-メルト共存関係から制約したメルト含水量条件はそれぞれ～800 ℃と～8 wt.%であり，これはカタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩について見積もられた条件と同等であった．このメルト含水量から見積もられるH_2O飽和圧力は～290 MPaで，これは深さ約11 ㎞に相当する．この結果から，このカタクレーサイト状組織は，深さ11 ㎞以深のメルト共存下でおこったせん断変形によって形成したと考えられる．

このカタクレーサイト状組織を形成した原因の候補として，富士山南西麓に存在する断層が考えられる．2011年3月15日に発生した静岡東部地震の余震域は，宝永火口直下の深さ5-15㎞の領域を端点として南西方向へと広がることから，この断層はその北東端においてマグマ供給系と交差していた可能性がある．しかしこの場合，岩石の温度が～800 ℃と高温であることから，カタクレーサイトの形成に必要な大きい歪速度が実現できるか疑問が残る．他の可能性として，マグマの供給・噴火やクリスタルマッシュの圧密に伴うマグマだまりの変形が考えられる．この際に歪が集中して小断層が形成され，その運動に伴ってカタクレーサイト状組織が局所的に形成した可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：斑レイ岩、カタクレーサイト状組織、捕獲岩、富士火山
Keywords: Gabbro, Cataclasitic texture, xenliths, Fuji volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1], Miki Takahashi[2], Jin-Han Ree[1], Haemyeong Jung[3]

1. Korea University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Seoul National University

Deformation of rocks is heterogeneous particularly when constituent minerals have significant difference in crystallography and/or grain size. Recrystallized grains usually develop from the intragranular region of calcite porphyroclasts in natural shear zones, leading to grain-size reduction and thereby causing rheological change of deforming. However, detailed processes of the intragranular recrystallization and microfabric evolution still remain unclear. To investigate the intragranular recrystallization processes we performed experimental deformation on fossil-bearing limestone using triaxial testing machine. The fossils in the limestone are mainly crinoids and trilobites. The crinoids mostly occur as monocrystalline calcites with larger grain size (700 μm) than that of the matrix (tens μm). In contrast, the trilobites occur as polycrystalline calcites with their grain size (7 μm) much finer than that of matrix. The experiments were performed at temperatures of 500 ~700 ℃, strain rate of 10^{-4}~10^{-5} s^{-1}, confining pressure of 200 MPa and axial strain of up to 30 %. Our strain analyses show that bulk strain is more accommodated in the fine-grained calcites with increase in temperature. In deformed fine-grained calcites of trilobites, fabric strength becomes much weaker with increasing temperature and some grain growth occurs forming equant shape of grains with straight boundaries. These suggest that intergranular process is important in fine-grained calcites of trilobites. In contrast, dynamic recrystallization occurs within the monocrystalline fossil domain of deformed crinoids. The recrystallized grains develop along or near e-twin boundaries and have similar grain size to that of the subgrains (30 μm) formed adjacent to e-twin boundaries. There is a strong correlation of misorientation distribution between the recrystallized grains and e-twin boundaries, suggesting that the intragranular recrystallization in the crinoid fossil is dominated by rotation recrystallization along e-twin boundaries, resulting in misorientation inheritance from the e-twin boundaries. Thus, e-twin boundaries play an important role in intragranular recrystallization processes and grain-size reduction of deforming calcites.

Keywords: Rock deformation, Fossil-bearing limestone, Intragranular recrystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

Development of the geobarometer using size and mineral species dependence of residual pressure of fluid inclusions

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1]
*Yuuki Hagiwara[1], Junji Yamamoto[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

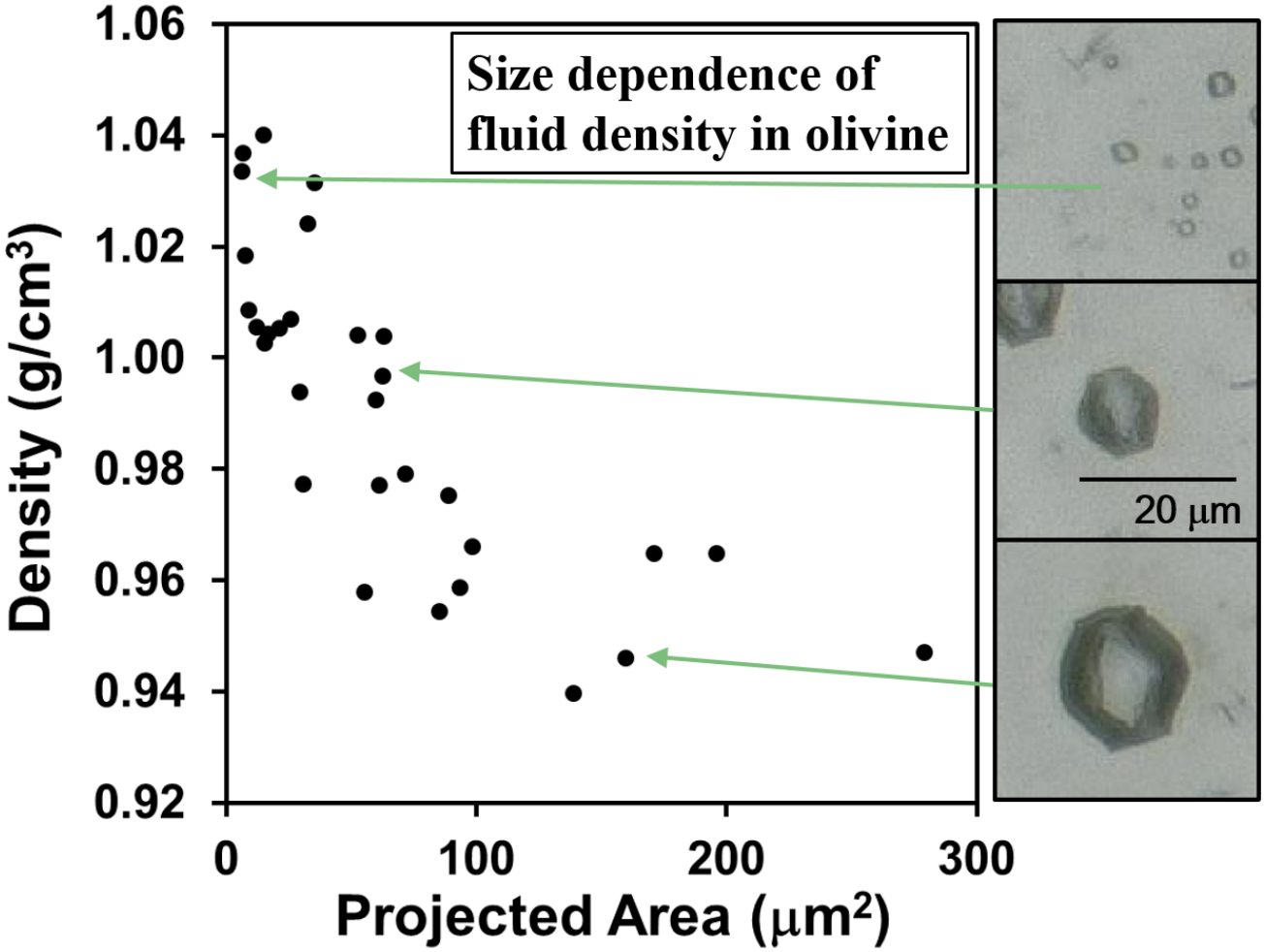
マントル捕獲岩の由来深度やマグマの上昇過程を推定するために，流体包有物の残留圧力は有益な情報源である (Levresse et al. 2016; Oglialoro et al. 2017)．本手法は鉱物種を選ばないため，鉱物の組成を用いた従来の地質温度圧力計が使えない岩石にも適用可能である．更に，周囲の温度や圧力変化への応答が早いため，短い時間スケールの現象を追跡可能である．残留圧力の鉱物種依存性 (Yamamoto et al. 2008) やサイズ依存性 (Campione 2018) の存在が指摘されているが，その地球科学的意義についてよく分かっていない．そこで本研究ではマントル捕獲岩中の様々なサイズや鉱物種中の流体包有物の残留圧力をラマン分光分析により測定し，地質温度計・地質圧力計・上昇速度計としての利用可能性を議論する．

Campione (2018) によると，流体包有物は小さいほど流体圧の保持能力が高いため，流体包有物の残留圧力を利用した岩石の由来深度推定のためにはサブミクロン程度の径を持つ流体包有物が最も信頼できる．しかし，流体が相変化する温度から残留圧力を推定する従来の手法 (マイクロサーモメトリー) では通常5 μm以下の流体包有物の残留圧力の測定は困難である (Hurai et al. 2015)．そこで近年，CO_2のラマンスペクトルの2つの大きなピーク (ν_1–2 ν_2 fermi resonance) の波数差 (Δ) が圧力に敏感であることを利用し，pure CO_2に利用可能な圧力計の改良開発が進んでいる (e.g. Hagiwara et al. 2018) ．しかし，ΔはH_2OとCO_2の相互作用の影響を受ける可能性があるため，圧力計の確立にはCO_2のラマンスペクトルへのH_2Oの影響を厳密に調べる必要がある．現に，CO_2–N_2系やCO_2–CH_4系では組成や圧力に依存してスペクトルのエリアやピーク位置が大きく変わることが指摘されている (Seitz et al. 1996; Lamadrid et al. 2018) ．そこで，著者らは本手法をマントル捕獲岩の流体包有物に普遍的な組成であるH_2O–CO_2系へ拡張可能であることを実験的に確認し，マントル捕獲岩中のサブミクロン程度~10 μmの流体包有物の残留圧力の測定を行った．流体の測定には励起光として半導体レーザー (532 nm)，対物レンズ×50 (LUPlan; Nikon; N.A=0.9)，グレーティングは 1800 本/mm，検出器として 1650×200 ピクセル (16 μm角) の CCD 素子を用いた．また，流体包有物の形状の測定はデジタル顕微鏡 (VHX-5000; Keyence Co.) の対物レンズ2000× (VH-ZST; Keyence Co.) を利用した．流体包有物の輪郭は輝度のコントラスト差を利用して自動的に測定を行った．

測定結果から，流体包有物の残留圧力は流体包有物の径に依存して系統的に変化し，流体包有物の径が小さいほど高圧を保持していることが分かった．更に，流体包有物が小さいほど高圧である傾向は同じだが，鉱物種によって保持する残留圧力の絶対値が異なることも分かった．これらのデータに基づき，流体包有物の残留圧力のバリエーションがもたらされる原因について議論する．

キーワード：流体包有物、ラマン分光法、地質圧力計、マントル捕獲岩
Keywords: Fluid inclusion, Raman spectroscopy, Geobarometer, Mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析
Microstructures and misorientation analysis of quartz in the Sanbagawa metamorphic belt, Shikoku, Japan

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1]
*Tadamasa Ueda[1], Ichiko Shimizu[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

三波川変成帯汗見川ルートの石英粒子は、変成度に関係なく亜結晶粒回転とひずみ駆動の粒界移動の微細構造を示すことが明らかにされている（上田・清水、2018 JpGU）。本研究では、先行研究で得られた電子線後方散乱回折（EBSD）マップを用いて、片岩中の亜結晶粒回転プロセスを調べるために石英の結晶内misorientationを精査した。

全データから単一粒子内の境界を抽出するために、マッピングステップサイズの約9倍より大きく、互いに接触していない粒子のデータセットを作成した。粒子は、ドフィーネ双晶境界を除いた12°以上の境界を粒界として粒認識した。粒子の抽出は、データセットの合計が石英領域の>~80%をカバーし、データセット内に石英粒子が重複しないように各薄片について複数回行った。ドフィーネ双晶型のmisindexed粒子に起因する境界を除去するために、ドフィーネ双晶境界を除外せずに粒認識した際に生じるマッピングステップサイズの５倍以下の粒子をデータセットから除外した。

変成度に関わらず以下の特徴が示された。Misorientation角度分布は低角度（<10°）と60°に二つのピークを示す。 30~40°のmisorientationを有する境界はほとんど存在せず、65°を超えるmisorientationを有する境界は存在しない。misorientationの頻度は、低角から約30°まで徐々に減少し、約45°から60°まで徐々に増加し、60°を超えると急速に減少する。結晶座標系において、<~12°のmisorientation回転軸の分布はc軸付近に弱い集中を示し、m面に対しての極付近に集中を示さない。一方、大部分の試料は面構造に垂直に近い方向にc軸の集中を示す。低角回転軸がc軸付近に集中することと比較して、約15-40°の回転軸分布は、c軸方向から外れた集中を示す傾向がある。45~65°の回転軸分布はc軸方向に強い集中を示す。c軸が面構造に垂直な粒子はc軸が面構造並行で線構造に垂直な粒子よりも低角境界回転軸のc軸方向への集中が弱い傾向にあるが、結晶座標系における回転軸分布の全般的な特徴は変わらない。試料座標系において、石英粒子の短軸が面構造に対してほぼ垂直である試料に関しては、<~12°の回転軸分布は面構造平行で線構造垂直な方向に弱い集中を示す。石英粒子の短軸が面構造に対して比較的低角である試料において、<~12°の回転軸は石英短軸と線構造にほぼ垂直な方向に弱く集中している。

Misorientation角度分布および回転軸分布は、亜結晶粒回転のみによって形成された境界のmisorientationが~40°未満であり、~45-60°の高角境界がドフィーネ双晶および亜結晶粒回転の組み合わせによって形成されたことを示している。一般にbasal-aすべり系の活動として解釈される面構造垂直なc軸集中をほとんどの試料が示すことを考慮すると、低角境界回転軸のc軸方向への集中は解釈が難しい。しかし、亜結晶粒界が転位の焼きなまし構造であり、定常変形を受けている結晶中の転位の大部分は一般に林立転位であると考えられることを考慮すると、以上のmisorientationの特徴とbasal-aすべりを示すc軸構造の共存は正当化されうる。亜結晶粒界の回転軸は、主すべり系よりもむしろ補助的なすべり系を示すのかもしれない。

キーワード：石英、転位クリープ、EBSD、亜粒回転、三波川変成帯、ミスオリエンテーション解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Quartz, Dislocation creep, EBSD, Subgrain rotation, Sanbagawa metamorphic belt, Misorientation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

Microstructural & petrological analysis of peridotite xenolith in Noyama-dake, Shimane prefecture ~ implication of plastic deformation during Japan sea opening

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1]
*Miki Tasaka[1], Shunsuke Inagawa[1]

1. 島根大学
1. Shimane University

西南日本内帯に分布する新生代アルカリ玄武岩中には、しばしば地殻・マントル由来の捕獲岩が含まれる。本研究地域である島根県野山岳の玄武岩中には数cm~10cm程度の大きさの捕獲岩が確認できる。これらの捕獲岩を用いた岩石学的な研究は行われてきたが(平井, 1983: Abe et al., 2002: Abe and Arai, 2005)、詳細な微細構造解析は行われていない。そこで本研究は野山岳のかんらん岩捕獲岩を用いた微細構造解析と化学組成分析を行い、背弧地域の変形履歴と火成活動の関係を明らかにすることを目的とする。

薄片観察と微細構造解析より捕獲岩の岩石組織を①粗粒等粒状組織(粒径~1mm)、②細粒組織 (~50um)、③大小様々な粒径を含む組織にグループに分類した。結晶方位定向配列(EBSD法)の解析から①中粒等粒状組織と②細粒組織において、ある一定方向にかんらん石の結晶方位が集中している様子や、もとのかんらん石巨晶の方向を保存しながらの動的再結晶しているかんらん石が確認できた。③の大小様々な粒径を含む組織のグループは大きなかんらん石が直線的に割れ、その中にメルトが貫入している組織や、直線的に割れたかんらん石巨晶の間に小さなかんらん石が再結晶している組織が見られた。

かんらん石とスピネルの化学組成分析より、①粗等粒状組織はマントル起源の溶け残り岩であるのに対し、②細粒組織と③大小様々な粒径を含む組織はマグマ起源の集積岩であった。また、斜方輝石-単斜輝石温度計を用いた平衡温度は1200℃程度でありスピネル・レルゾライトが安定領域の圧力で比較的高い温度の条件で化学平衡にあったと示唆された。

上記の結果から、7.3 Maに野山岳玄武岩が噴火する前、野山岳直下は高地温勾配で多様な応力下でかんらん岩が塑性変形する条件にあったと考えられる。これは15Maごろに最も活発化した日本海拡大に起因するものではないかと考えた。またマグマ噴火時の流体圧によりかんらん石巨晶が脆性・塑性変形し、野山岳を作る玄武マグマの噴火が爆発的なものであったことが示唆される。

キーワード：かんらん岩捕獲岩、日本海拡大
Keywords: peridotite xenolith, Japan sea opening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング
Thermodynamic approach to grain boundary premelting in a binary eutectic system

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1]
*Akihiro Tsunoda[1], Yasuko Takei[1], Hatsuki Yamauchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

硬いリソスフェアの下に柔らかいアセノスフェアが存在するという描像はプレートテクトニクスの基礎を成している。従来、アセノスフェアの柔らかい物性は岩石が部分融解することに起因すると考えられてきた。しかし、岩石のアナログ物質の融点近傍における非弾性を測定した実験において、融点直下でも顕著な非弾性緩和と粘性クリープの増加がみられることがわかった(Yamauchi and Takei, 2016)。非弾性は粒界滑りに、粘性は粒界拡散に関係しているため、これらの物性変化は、融点直下で粒界の性質が変化することを示唆している。つまり、アセノスフェアの柔らかさがメルトではなく粒界の物性変化によって説明できる可能性がある。しかしその物理メカニズムはよく分かっていない。

物質科学や物理の分野では、融点直下で粒界の無秩序化が生じることが知られており、粒界プレメルティングと呼ばれている。上述した実験の結果は、粒界プレメルティングによってよく説明できると期待される。そこで本研究では、これらの分野で提案されているモデルを用いて、マントルで粒界プレメルティングが生じている可能性やその岩石物性への影響を調べることを目指している。

本研究ではフェーズフィールドモデルと呼ばれる熱力学モデルを用いる。このモデルは、相境界を含むような不均質な系の自由エネルギーを現象論的に与えるモデルである。本研究ではまず、Yamauchi and Takei (2016) で岩石アナログ物質として用いた2成分共融系に注目する。Tang et al. (2006) は、2成分共融系の粒界が、組成、結晶方位、結晶度(又は秩序変数)の3つのパラメータを用いて記述できることを示し、粒界の自由エネルギーを3つのパラメータで表したフェーズフィールド モデルを提案した。この自由エネルギーが最小となる条件を求めることで熱力学的に安定な粒界の組成や結晶度を得ることができる。融点近傍における粒界組成と粒界結晶度を温度の関数として計算することで粒界プレメルティングを理解することを試みた。さらに2成分それぞれの融点、融解エンタルピー、粒界における結晶方位差などのパラメータが粒界の状態の温度変化に与える影響について考察を行った。

キーワード：プレメルティング、フェーズフィールドモデル
Keywords: premelting, phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果
Size effects on hardness and fracture toughness of olivine

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1]
*Sanae Koizumi[1], Tohru S Suzuki[2], Takehiko Hiraga[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute for Materials Science

We conducted Vickers indentation tests on Fe-free (Mg_2SiO_4) and Fe-bearing ($Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$) olivine. Their single crystals and highly-dense polycrystalline materials with various average grain sizes (d) from 170 to 890 nm were tested. The largest Vickers microhardness (H_v) of 18 GPa at the lowest load of 0.1 N, which corresponds an indentation depth (h) of 0.6 μm was measured from the polycrystalline material with the finest grain size. The H_v decreases with increasing d and h, both of which are represented by $H_v \propto l^x$ where l corresponds to both sizes with a common x value of ~0.09. The relationship no longer holds at of > 4 μm and of > 1 μm where H_v take constant values of ~9.5 and ~8 GPa for Fe-free and Fe-bearing olivine, respectively. Fracture toughness (K_{IC}) measured from indentation diagonal size and length of cracks radiated outward from the indentation corners is ~0.8 MPa・$m^{1/2}$ for the polycrystalline materials, whose value does not change with the applied load, and olivine chemistry and grain size. The single crystals exhibit lower and orientation dependent toughness from 0.4 to 0.7 MPa・$m^{1/2}$.

キーワード：オリビン、硬さ、破壊靭性、圧入サイズ効果、粒径効果
Keywords: Olivine, Hardness, Fracture toughness, Indentation size effect, Grain size effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1]
*Yumiko Tsubokawa[1], Tomohiro Ohuchi[1], Yuji Higo[2], Yoshinori Tange[2], Tetsuo Irifune[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 高輝度光科学研究センター
1. Ehime University Geodynamics Research Center, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

Large-scale tectonic processes such as subduction of slabs depend critically on the rheological behaviour of major mantle minerals. Because olivine is the most dominant mineral under the lithospheric conditions, viscosity of dry olivine have been considered to control the strength of the oceanic lithosphere. However, this assumption needs to be reconsidered because olivine is too strong to allow the operation of plate tectonics (Kohlstedt et al., 1995). Ohuchi et al. (2011) showed that orthoenstatite, the second most abundant mineral, could be much weaker than olivine at lithospheric temperatures. Creep strength of polycrystalline orthoenstatite needs to be considered when we discuss the strength of lithosphere because mechanical data on single crystals give the upper/lower limits of the strength of orthoenstatite.

In order to determine the flow-law parameters for dislocation creep of orthoenstatite under the lithospheric conditions, deformation experiments of dry orthoenstatite aggregates were conducted at high temperatures (up to 1473 K) and high pressures (1.8-4.7 GPa) using a deformation DIA (D-DIA) apparatus combined with synchrotron X-ray radiation. Orthoenstatite aggregates, fabricated from powdered natural single crystals, were fired under controlled oxygen fugacity conditions near the FMQ-buffer to remove dissolved water in the samples. Applied differential stress and axial strain were measured using monochromatic X-ray diffraction patterns of orthoenstatite and radiograph images, respectively.

At a constant strain rate ranging from 7.7×10^{-6} to 5.2×10^{-5} s^{-1} , a steady-state creep strength (200-1200 MPa) was achieved at a strain higher than 4% during the uniaxial compression. The water content of samples was mostly less than 50 ppm (H/Si) through a sample deformation. Steady-state creep strength at each experimental conditions followed the power-law dislocation creep with the stress exponent n~3. TEM observations showed development of dislocations with the Burgers vector of either [001] or [0kl] in the recovered samples. The n and the activation energy (Q^* ~170 kJ/mol) , and Burgers vector determined in this study are comparable to those for the [001](010) slip system of dry orthoenstatite (Ohuchi et al., 2011). Viscosity of dry orthoenstatite is ~10 times lower than that of dry olivine (calculated from the flow law by Karato and Jung, 2003) under our experimental conditions (in the case of uniform stress at lithospheric conditions), suggesting that operation of plate tectonics is possible if the strength of a subducting slab is controlled by orthoenstatite.

キーワード：変形実験、斜方輝石、転位クリープ、リソスフェア
Keywords: Deformation experiments, Orthoenstatite, Dislocation creep, Lithosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究
First-principles study on frictional characteristics of gibbsite

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2]
*Hanaya Okuda[1], Kenji Kawai[1], Hiroshi Sakuma[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 2. Research Center for Functional Materials, National Institute for Materials Science

層状の結晶構造を持つ層状鉱物は断層の剪断部に多く存在することが知られている(e.g. Chester et al., 2013)。層状鉱物は一般的な岩石に比べて低い摩擦係数を持ち、かつ鉱物種によって多様な摩擦係数を示すことから、層状鉱物の摩擦特性は断層のすべり挙動を支配していると考えられている(Byerlee, 1978; Moore & Lockner, 2004)。この低く多様な層状鉱物の摩擦特性は、原子スケールの真実接触面を考え、層状鉱物の層間における剪断時のポテンシャルエネルギー変化と物質の降伏強度から理論的に推測できることがSakuma et al. (2018)やOkuda et al. (submitted)によって近年示唆されている。

本研究では水酸化マグネシウムの層状鉱物bruciteと水酸化アルミニウムの層状鉱物gibbsiteの摩擦特性に着目する。Moore & Lockner (2004)の摩擦実験ではbruciteの摩擦係数は0.42でかつstick-slipを示す一方、gibbsiteの摩擦係数は0.75で定常すべりを示す。この二つの鉱物はそれぞれMgO_6とAlO_6の八面体が二次元平面に広がった層(八面体シート)を形成する層状結晶を成し、共にほぼ同じような結晶構造を示す(図1)。その違いはMgとAlの価数の違いに伴ってbruciteが八面体シート中に空席を持たないのに対し、gibbsiteは八面体シート中に1/3の空席が存在することである(図2)。この二種類の八面体シートは層状珪酸塩の基本構造であり、八面体シートの結晶構造の違いが摩擦特性に与える影響を調べることは層状鉱物の摩擦特性の支配要因を明らかにする上で重要である。発表者はこれまでbruciteの摩擦特性について理論的な研究を行ってきた(Okuda et al., submitted)。本研究ではgibbsiteにおいて層間における原子スケール摩擦特性を密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算を用いて計算し、bruciteとの比較を行った。

予察的な結果においては、原子スケールにおいてgibbsiteはbruciteより低い剪断応力で剪断することが可能であることが明らかとなった。これは八面体シート中の空席の存在により、八面体シートから伸びるOH基の角度が大きく変化することが可能であることにより、gibbsiteの方がbruciteより剪断時にエネルギー的に安定な構造を容易に取りやすいことに起因している。またgibbsiteの降伏強度はモース硬度から推定すると1~2 GPaである(Mehrotra et al., 2015; Broz et al., 2006)。これはbruciteの降伏強度4.0 GPa (Okuda et al., submitted)と比べて小さい。摩擦の凝着説を考えると、この小さい降伏強度は摩擦係数を大きくする効果を持つ。発表においては原子スケール摩擦特性の定量的な議論および降伏強度を考慮したマクロな摩擦特性の推定を行い、bruciteとgibbsiteの摩擦特性の違いが何によって支配されているかについて議論を行う。

キーワード：層状鉱物、結晶構造、摩擦特性、Gibbsite、第一原理計算
Keywords: Sheet-structure minerals, Crystal structure, Frictional characteristics, Gibbsite, First-principles calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 1

Gibbsite ($Al(OH)_3$)

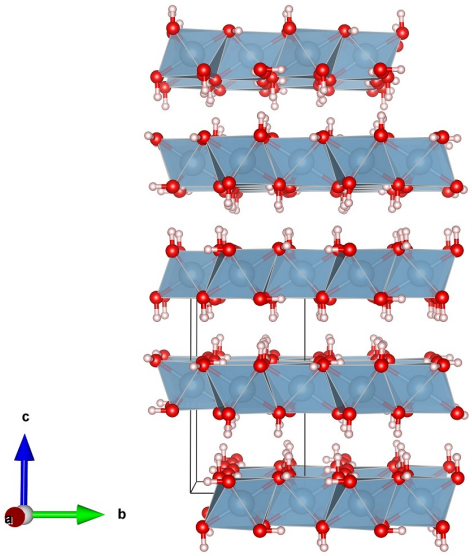
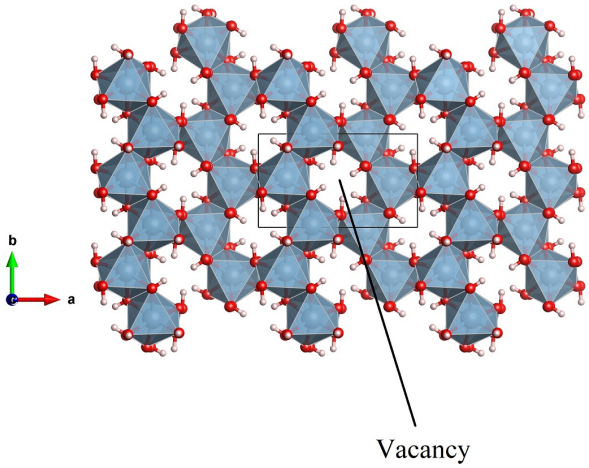
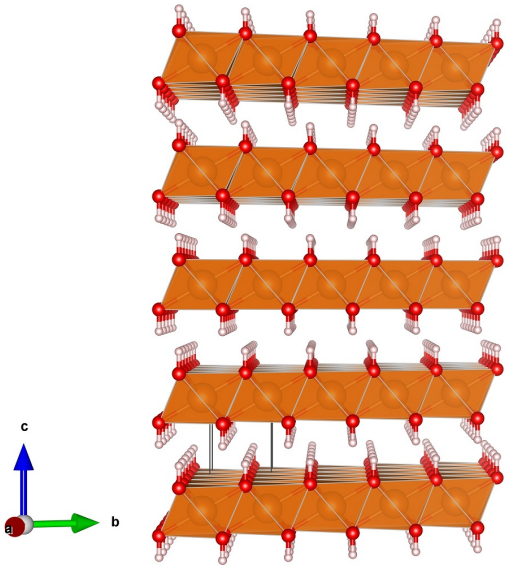
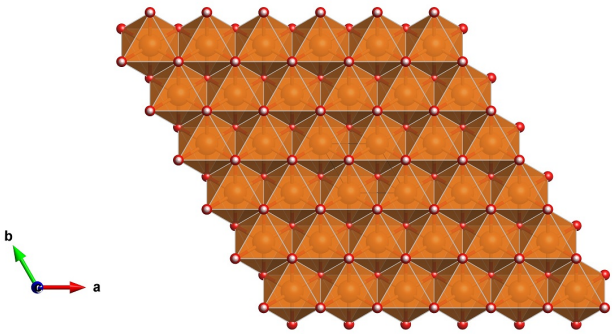


Figure 2



Brucite ($Mg(OH)_2$)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

Feasibility Study of Morphological Characterization to Comminuted Particles by A Particle Characterization Approach (4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2]
*Daisuke Sasakura[1], Osamu Kuwano[2]

1. スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2. 国立研究開発法人　海洋開発研究機構
1. MalvernPanalytical Japan ,Div of Spectris Co.Ltd,., 2. JAMSTEC

断層破砕帯は過去の断層破壊による粉砕、摩耗によってできた断層ガウジと呼ばれる粒子でみたされている。断層ガウジの粒子サイズ分布や粒子形状は、断層の摩擦強度に影響すると考えられる。また、それらの粒子形態情報は、過去の断層活動による破砕の様式や度合いを知る手掛りになるだろう。断層破砕帯における粒子サイズ分布はべき分布となることが知られており、べき指数は破砕の様式や進行度を反映していると考えられている。今回、粉砕の度合いと粒子サイズおよび形状の関係を調べるために、模擬粒子を用いた剪断粉砕実験を行ったので報告する。剪断粉砕実験は回転式剪断試験機を用いて、変位10mmから1mの範囲で行った。所定の変位量まで剪断した実験後の試料は回収後、乾式粒子画像分析装置Morphologi G3-SE(MalvernInstruments)を用いてサイズ分布および形状を測定した。異なる倍率の対物レンズを用いた、異なるサイズ計測範囲のデータを結合することで粒子径1μm-10mmの幅広い範囲でのサイズ分布を得た。測定の結果、変位量の増加とともに小粒径側から指数-1のべき分布が発達していくことが明らかになった。サイズ分布、形状測定の結果から、粉砕様式の変化について議論する。

キーワード：断層ガウジ、粒子サイズ、粒子形状、粉砕、フラクタル分布
Keywords: Fault gouge, Particle size, Particles Shape, Commutation, Fractal Distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1]
*Akio Goto[1]

1. 東北大学東北アジア研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

The viscosity of Izu Oshima basaltic lava flows, effused from summit crater in 1950-1951 and 1986 eruptions, were estimated from slope angle, thickness and surface velocity with supposed density of the flowing lava (Murauchi, 1950; Minakami, 1951; Shirao, 1986). They seem to be curious in that the viscosity of 1950 lava changed over two orders within 15 ˚C (1.7×10^4 Pa s at 1063 ˚C and 3.3×10^6 Pa s at 1048 ˚C), and 1950 lava at 1048 ˚C had over two orders higher viscosity than 1951 lava at 1038 ˚C (2.3×10^4 Pa s). Minakami (1951) also pointed out that the viscosity from field observation were several tens times higher than the measured viscosity in laboratory by Kani (1934). To solve these paradoxical observation results uniaxial compression viscometry was performed for 1986 LC lava cored cylindrically with 15 mm diameter and 30 mm high (Goto, 2017, JpGU meeting). Contrary to the expectation before the experiment that the viscosity decreases continuously with increasing temperature, the lava became deformable drastically at around 1100 ˚C, which did not seem to be by fluidization but by brittle failure; the middle of the cylindrical core was crushed and their surface skin was pushed out brittly. Below this temperature viscosity changed continuously with temperature, although they were almost at solid state range and much higher than the observed viscosity. These rheological properties were common for other Izu Oshima lavas: 1777 pahoehoe, 1950 aa and two types of 1951 pahoehoe (Goto, 2018, VSJ Fall meeting). A new question arose whether these properties were also common for other basaltic lavas. To confirm it Miyake-jima 1983 lava and Mt. Fuji Kemnarubi 1 (porphyritic) and 2 (aphyric) lavas were newly used for uniaxial compressional viscometry.

Similar deformation was seen for Miyake-jima and Mt. Fuji basaltic lavas, indicating that brittle behavior is common for most, if not all, basaltic lava when the drastic deformation occurs. As was also seen for Izu Oshima lavas the highly deformed sample had enough strength not to separate into pieces after the experiments, indicating melt phase surely existed. Melt composition analysis was impossible for Izu Oshima samples after the uniaxial compression experiments due to dendrite crystallization during cooling (10 ˚C/min); alternatively samples quenched after annealing was used for melt composition analysis to calculate the viscosity using the model by Giordano et al. (2008). The melt phase viscosity scattered within few orders even in each sample, i.e., at the same annealed temperature, due to the variation of the melt composition, and was almost similar with or within few orders higher than the viscosity observed by Murauchi (1950) and Minakami (1951) at the same temperature range. If 1 wt% water was supposed 2 orders viscosity decrease was expected, but high crystallinity (e.g., 50 vol% at 1105 ˚C and 78 vol% at 1095 ˚C in annealed sample) might compensate the viscosity decrease by water or rather heighten the bulk viscosity than observed lava flow viscosity. The mechanism of brittle deformation is not interpreted yet, but high mobility after the brittle deformation may sustain the low bulk viscosity of lava flow, and variation of melt composition at the same temperature may be the source of the above mentioned curious observed viscosity.

Acknowledgements

Mt. Fuji Kenmarubi lavas were provided by Dr. M. Yoshimoto in Mount Fuji Research Institute. This study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is supported by grant in aid for cooperative work from Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

キーワード：玄武岩質溶岩、粘性係数、脆性破壊
Keywords: basaltic lava, viscosity, brittle failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレーサイト状組織
Cataclasitic texture in gabbroic xenoliths of the Fuji 1707 eruption, Japan

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3]
*Hidemi Ishibashi[1], Yumiko Harigane[2], ATSUSHI YASUDA[3], Natsumi Hokanishi[3]

1. 静岡大学理学部地球科学専攻、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所
1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

富士山で最新の噴火である1707年宝永噴火の噴出物中には，粒間メルトを含む斑レイ岩が捕獲岩としてしばしば含まれている．このような斑レイ岩捕獲岩は，マグマだまり内部でおこる諸現象の直接的情報源として重要である．今回，この斑レイ岩捕獲岩を300試料あまり観察した中で，カタクレーサイト状組織を示すものを複数発見した．斑レイ岩のカタクレーサイトがマグマに捕獲されるということは，富士山の地下でマグマ供給系と断層が互いに切り合っている可能性を示唆する．そこで本研究では，このカタクレーサイト状組織の特徴について観察・記載するとともに，構成鉱物の化学組成を分析も行い，この組織の形成過程について検討した．

本研究で確認したカタクレーサイト状組織は，主に破砕岩片と細粒基質部から構成され，破砕岩片ないしは未破砕部と細粒基質部の割合にはバリエーションが見られた．一部の斑レイ岩試料に破砕流動に伴う面構造が発達していた．構成鉱物組み合わせは，斜長石＋オリビン＋輝石＋磁鉄鉱＋イルメナイトで，粒間にガラスがしばしば確認できる．この組み合わせは，未変形の斑レイ岩捕獲岩試料と同一である．未変形の斜長石には波動消光はほとんど確認できないが，細粒部の斜長石には波動消光が確認できる．未破砕部には割れ目が発達しており，これにしばしばメルトが浸透している．また，オリビンとこのメルトの間には輝石の反応縁が発達している．

未破砕部の割れ目に浸透したメルトの化学組成はSiO_2～75wt.%の流紋岩質であり，宝永噴火で噴出したメルト組成とは異なる．このことから，このメルトは捕獲岩の母岩メルト由来ではない．また鉱物組み合わせから，変形に伴う溶融起源とも考えにくい．一方で，カタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩中の斜長石に含まれるメルト包有物には，同等の化学組成のものが確認できることから，破砕組織形成時に近傍に存在していたメルトが浸透したものと考えられる．元素拡散の比較的速いFeTi酸化物の化学組成から見積もった温度と斜長石-メルト共存関係から制約したメルト含水量条件はそれぞれ～800 ℃と～8 wt.%であり，これはカタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩について見積もられた条件と同等であった．このメルト含水量から見積もられるH_2O飽和圧力は～290 MPaで，これは深さ約11 ㎞に相当する．この結果から，このカタクレーサイト状組織は，深さ11 ㎞以深のメルト共存下でおこったせん断変形によって形成したと考えられる．

このカタクレーサイト状組織を形成した原因の候補として，富士山南西麓に存在する断層が考えられる．2011年3月15日に発生した静岡東部地震の余震域は，宝永火口直下の深さ5-15㎞の領域を端点として南西方向へと広がることから，この断層はその北東端においてマグマ供給系と交差していた可能性がある．しかしこの場合，岩石の温度が～800 ℃と高温であることから，カタクレーサイトの形成に必要な大きい歪速度が実現できるか疑問が残る．他の可能性として，マグマの供給・噴火やクリスタルマッシュの圧密に伴うマグマだまりの変形が考えられる．この際に歪が集中して小断層が形成され，その運動に伴ってカタクレーサイト状組織が局所的に形成した可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：斑レイ岩、カタクレーサイト状組織、捕獲岩、富士火山
Keywords: Gabbro, Cataclasitic texture, xenliths, Fuji volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1], Miki Takahashi[2], Jin-Han Ree[1], Haemyeong Jung[3]

1. Korea University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Seoul National University

Deformation of rocks is heterogeneous particularly when constituent minerals have significant difference in crystallography and/or grain size. Recrystallized grains usually develop from the intragranular region of calcite porphyroclasts in natural shear zones, leading to grain-size reduction and thereby causing rheological change of deforming. However, detailed processes of the intragranular recrystallization and microfabric evolution still remain unclear. To investigate the intragranular recrystallization processes we performed experimental deformation on fossil-bearing limestone using triaxial testing machine. The fossils in the limestone are mainly crinoids and trilobites. The crinoids mostly occur as monocrystalline calcites with larger grain size (700 μm) than that of the matrix (tens μm). In contrast, the trilobites occur as polycrystalline calcites with their grain size (7 μm) much finer than that of matrix. The experiments were performed at temperatures of 500 ~700 ℃, strain rate of 10^{-4}~10^{-5} s^{-1}, confining pressure of 200 MPa and axial strain of up to 30 %. Our strain analyses show that bulk strain is more accommodated in the fine-grained calcites with increase in temperature. In deformed fine-grained calcites of trilobites, fabric strength becomes much weaker with increasing temperature and some grain growth occurs forming equant shape of grains with straight boundaries. These suggest that intergranular process is important in fine-grained calcites of trilobites. In contrast, dynamic recrystallization occurs within the monocrystalline fossil domain of deformed crinoids. The recrystallized grains develop along or near e-twin boundaries and have similar grain size to that of the subgrains (30 μm) formed adjacent to e-twin boundaries. There is a strong correlation of misorientation distribution between the recrystallized grains and e-twin boundaries, suggesting that the intragranular recrystallization in the crinoid fossil is dominated by rotation recrystallization along e-twin boundaries, resulting in misorientation inheritance from the e-twin boundaries. Thus, e-twin boundaries play an important role in intragranular recrystallization processes and grain-size reduction of deforming calcites.

Keywords: Rock deformation, Fossil-bearing limestone, Intragranular recrystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

Development of the geobarometer using size and mineral species dependence of residual pressure of fluid inclusions

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1]
*Yuuki Hagiwara[1], Junji Yamamoto[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

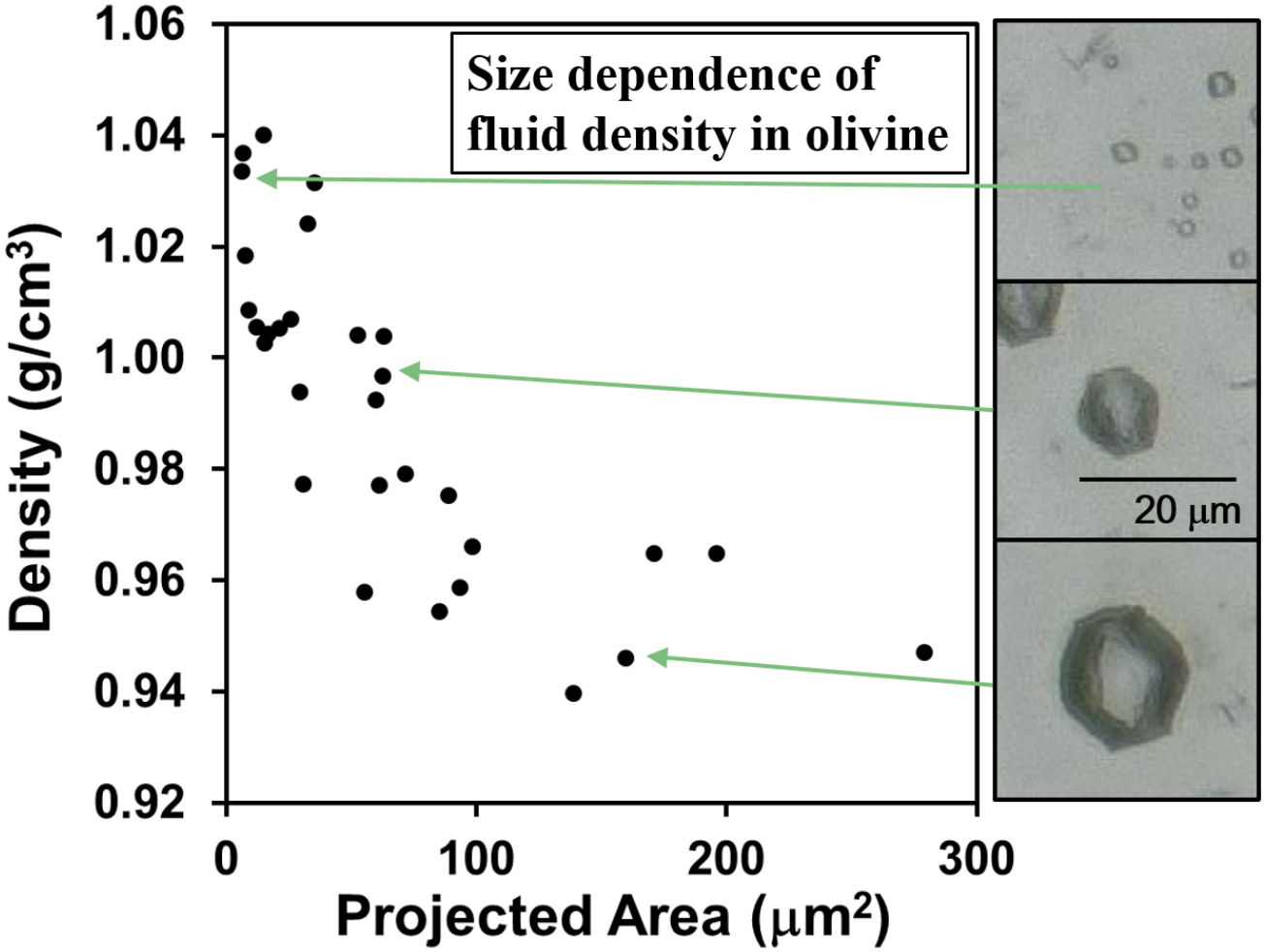
マントル捕獲岩の由来深度やマグマの上昇過程を推定するために，流体包有物の残留圧力は有益な情報源である (Levresse et al. 2016; Oglialoro et al. 2017)．本手法は鉱物種を選ばないため，鉱物の組成を用いた従来の地質温度圧力計が使えない岩石にも適用可能である．更に，周囲の温度や圧力変化への応答が早いため，短い時間スケールの現象を追跡可能である．残留圧力の鉱物種依存性 (Yamamoto et al. 2008) やサイズ依存性 (Campione 2018) の存在が指摘されているが，その地球科学的意義についてよく分かっていない．そこで本研究ではマントル捕獲岩中の様々なサイズや鉱物種中の流体包有物の残留圧力をラマン分光分析により測定し，地質温度計・地質圧力計・上昇速度計としての利用可能性を議論する．

Campione (2018) によると，流体包有物は小さいほど流体圧の保持能力が高いため，流体包有物の残留圧力を利用した岩石の由来深度推定のためにはサブミクロン程度の径を持つ流体包有物が最も信頼できる．しかし，流体が相変化する温度から残留圧力を推定する従来の手法 (マイクロサーモメトリー) では通常5 μm以下の流体包有物の残留圧力の測定は困難である (Hurai et al. 2015)．そこで近年，CO_2のラマンスペクトルの2つの大きなピーク (ν_1–2 ν_2 fermi resonance) の波数差 (Δ) が圧力に敏感であることを利用し，pure CO_2に利用可能な圧力計の改良開発が進んでいる (e.g. Hagiwara et al. 2018) ．しかし，ΔはH_2OとCO_2の相互作用の影響を受ける可能性があるため，圧力計の確立にはCO_2のラマンスペクトルへのH_2Oの影響を厳密に調べる必要がある．現に，CO_2–N_2系やCO_2–CH_4系では組成や圧力に依存してスペクトルのエリアやピーク位置が大きく変わることが指摘されている (Seitz et al. 1996; Lamadrid et al. 2018) ．そこで，著者らは本手法をマントル捕獲岩の流体包有物に普遍的な組成であるH_2O–CO_2系へ拡張可能であることを実験的に確認し，マントル捕獲岩中のサブミクロン程度~10 μmの流体包有物の残留圧力の測定を行った．流体の測定には励起光として半導体レーザー (532 nm)，対物レンズ×50 (LUPlan; Nikon; N.A=0.9)，グレーティングは 1800 本/mm，検出器として 1650×200 ピクセル (16 μm角) の CCD 素子を用いた．また，流体包有物の形状の測定はデジタル顕微鏡 (VHX-5000; Keyence Co.) の対物レンズ2000× (VH-ZST; Keyence Co.) を利用した．流体包有物の輪郭は輝度のコントラスト差を利用して自動的に測定を行った．

測定結果から，流体包有物の残留圧力は流体包有物の径に依存して系統的に変化し，流体包有物の径が小さいほど高圧を保持していることが分かった．更に，流体包有物が小さいほど高圧である傾向は同じだが，鉱物種によって保持する残留圧力の絶対値が異なることも分かった．これらのデータに基づき，流体包有物の残留圧力のバリエーションがもたらされる原因について議論する．

キーワード：流体包有物、ラマン分光法、地質圧力計、マントル捕獲岩
Keywords: Fluid inclusion, Raman spectroscopy, Geobarometer, Mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析
Microstructures and misorientation analysis of quartz in the Sanbagawa metamorphic belt, Shikoku, Japan

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1]
*Tadamasa Ueda[1], Ichiko Shimizu[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

三波川変成帯汗見川ルートの石英粒子は、変成度に関係なく亜結晶粒回転とひずみ駆動の粒界移動の微細構造を示すことが明らかにされている（上田・清水、2018 JpGU）。本研究では、先行研究で得られた電子線後方散乱回折（EBSD）マップを用いて、片岩中の亜結晶粒回転プロセスを調べるために石英の結晶内misorientationを精査した。

全データから単一粒子内の境界を抽出するために、マッピングステップサイズの約9倍より大きく、互いに接触していない粒子のデータセットを作成した。粒子は、ドフィーネ双晶境界を除いた12°以上の境界を粒界として粒認識した。粒子の抽出は、データセットの合計が石英領域の>~80%をカバーし、データセット内に石英粒子が重複しないように各薄片について複数回行った。ドフィーネ双晶型のmisindexed粒子に起因する境界を除去するために、ドフィーネ双晶境界を除外せずに粒認識した際に生じるマッピングステップサイズの５倍以下の粒子をデータセットから除外した。

変成度に関わらず以下の特徴が示された。Misorientation角度分布は低角度（<10°）と60°に二つのピークを示す。 30~40°のmisorientationを有する境界はほとんど存在せず、65°を超えるmisorientationを有する境界は存在しない。misorientationの頻度は、低角から約30°まで徐々に減少し、約45°から60°まで徐々に増加し、60°を超えると急速に減少する。結晶座標系において、<~12°のmisorientation回転軸の分布はc軸付近に弱い集中を示し、m面に対しての極付近に集中を示さない。一方、大部分の試料は面構造に垂直に近い方向にc軸の集中を示す。低角回転軸がc軸付近に集中することと比較して、約15-40°の回転軸分布は、c軸方向から外れた集中を示す傾向がある。45~65°の回転軸分布はc軸方向に強い集中を示す。c軸が面構造に垂直な粒子はc軸が面構造並行で線構造に垂直な粒子よりも低角境界回転軸のc軸方向への集中が弱い傾向にあるが、結晶座標系における回転軸分布の全般的な特徴は変わらない。試料座標系において、石英粒子の短軸が面構造に対してほぼ垂直である試料に関しては、<~12°の回転軸分布は面構造平行で線構造垂直な方向に弱い集中を示す。石英粒子の短軸が面構造に対して比較的低角である試料において、<~12°の回転軸は石英短軸と線構造にほぼ垂直な方向に弱く集中している。

Misorientation角度分布および回転軸分布は、亜結晶粒回転のみによって形成された境界のmisorientationが~40°未満であり、~45-60°の高角境界がドフィーネ双晶および亜結晶粒回転の組み合わせによって形成されたことを示している。一般にbasal-aすべり系の活動として解釈される面構造垂直なc軸集中をほとんどの試料が示すことを考慮すると、低角境界回転軸のc軸方向への集中は解釈が難しい。しかし、亜結晶粒界が転位の焼きなまし構造であり、定常変形を受けている結晶中の転位の大部分は一般に林立転位であると考えられることを考慮すると、以上のmisorientationの特徴とbasal-aすべりを示すc軸構造の共存は正当化されうる。亜結晶粒界の回転軸は、主すべり系よりもむしろ補助的なすべり系を示すのかもしれない。

キーワード：石英、転位クリープ、EBSD、亜粒回転、三波川変成帯、ミスオリエンテーション解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Quartz, Dislocation creep, EBSD, Subgrain rotation, Sanbagawa metamorphic belt, Misorientation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

Microstructural & petrological analysis of peridotite xenolith in Noyama-dake, Shimane prefecture ~ implication of plastic deformation during Japan sea opening

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1]
*Miki Tasaka[1], Shunsuke Inagawa[1]

1. 島根大学
1. Shimane University

西南日本内帯に分布する新生代アルカリ玄武岩中には、しばしば地殻・マントル由来の捕獲岩が含まれる。本研究地域である島根県野山岳の玄武岩中には数cm~10cm程度の大きさの捕獲岩が確認できる。これらの捕獲岩を用いた岩石学的な研究は行われてきたが(平井, 1983: Abe et al., 2002: Abe and Arai, 2005)、詳細な微細構造解析は行われていない。そこで本研究は野山岳のかんらん岩捕獲岩を用いた微細構造解析と化学組成分析を行い、背弧地域の変形履歴と火成活動の関係を明らかにすることを目的とする。

薄片観察と微細構造解析より捕獲岩の岩石組織を①粗粒等粒状組織(粒径~1mm)、②細粒組織 (~50um)、③大小様々な粒径を含む組織にグループに分類した。結晶方位定向配列(EBSD法)の解析から①中粒等粒状組織と②細粒組織において、ある一定方向にかんらん石の結晶方位が集中している様子や、もとのかんらん石巨晶の方向を保存しながらの動的再結晶しているかんらん石が確認できた。③の大小様々な粒径を含む組織のグループは大きなかんらん石が直線的に割れ、その中にメルトが貫入している組織や、直線的に割れたかんらん石巨晶の間に小さなかんらん石が再結晶している組織が見られた。

かんらん石とスピネルの化学組成分析より、①粗等粒状組織はマントル起源の溶け残り岩であるのに対し、②細粒組織と③大小様々な粒径を含む組織はマグマ起源の集積岩であった。また、斜方輝石-単斜輝石温度計を用いた平衡温度は1200℃程度でありスピネル・レルゾライトが安定領域の圧力で比較的高い温度の条件で化学平衡にあったと示唆された。

上記の結果から、7.3 Maに野山岳玄武岩が噴火する前、野山岳直下は高地温勾配で多様な応力下でかんらん岩が塑性変形する条件にあったと考えられる。これは15Maごろに最も活発化した日本海拡大に起因するものではないかと考えた。またマグマ噴火時の流体圧によりかんらん石巨晶が脆性・塑性変形し、野山岳を作る玄武マグマの噴火が爆発的なものであったことが示唆される。

キーワード：かんらん岩捕獲岩、日本海拡大
Keywords: peridotite xenolith, Japan sea opening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング
Thermodynamic approach to grain boundary premelting in a binary eutectic system

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1]
*Akihiro Tsunoda[1], Yasuko Takei[1], Hatsuki Yamauchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

硬いリソスフェアの下に柔らかいアセノスフェアが存在するという描像はプレートテクトニクスの基礎を成している。従来、アセノスフェアの柔らかい物性は岩石が部分融解することに起因すると考えられてきた。しかし、岩石のアナログ物質の融点近傍における非弾性を測定した実験において、融点直下でも顕著な非弾性緩和と粘性クリープの増加がみられることがわかった(Yamauchi and Takei, 2016)。非弾性は粒界滑りに、粘性は粒界拡散に関係しているため、これらの物性変化は、融点直下で粒界の性質が変化することを示唆している。つまり、アセノスフェアの柔らかさがメルトではなく粒界の物性変化によって説明できる可能性がある。しかしその物理メカニズムはよく分かっていない。

物質科学や物理の分野では、融点直下で粒界の無秩序化が生じることが知られており、粒界プレメルティングと呼ばれている。上述した実験の結果は、粒界プレメルティングによってよく説明できると期待される。そこで本研究では、これらの分野で提案されているモデルを用いて、マントルで粒界プレメルティングが生じている可能性やその岩石物性への影響を調べることを目指している。

本研究ではフェーズフィールドモデルと呼ばれる熱力学モデルを用いる。このモデルは、相境界を含むような不均質な系の自由エネルギーを現象論的に与えるモデルである。本研究ではまず、Yamauchi and Takei (2016) で岩石アナログ物質として用いた2成分共融系に注目する。Tang et al. (2006) は、2成分共融系の粒界が、組成、結晶方位、結晶度(又は秩序変数)の3つのパラメータを用いて記述できることを示し、粒界の自由エネルギーを3つのパラメータで表したフェーズフィールド モデルを提案した。この自由エネルギーが最小となる条件を求めることで熱力学的に安定な粒界の組成や結晶度を得ることができる。融点近傍における粒界組成と粒界結晶度を温度の関数として計算することで粒界プレメルティングを理解することを試みた。さらに2成分それぞれの融点、融解エンタルピー、粒界における結晶方位差などのパラメータが粒界の状態の温度変化に与える影響について考察を行った。

キーワード：プレメルティング、フェーズフィールドモデル
Keywords: premelting, phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果
Size effects on hardness and fracture toughness of olivine

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1]
*Sanae Koizumi[1], Tohru S Suzuki[2], Takehiko Hiraga[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute for Materials Science

We conducted Vickers indentation tests on Fe-free (Mg_2SiO_4) and Fe-bearing ($Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$) olivine. Their single crystals and highly-dense polycrystalline materials with various average grain sizes (d) from 170 to 890 nm were tested. The largest Vickers microhardness (H_v) of 18 GPa at the lowest load of 0.1 N, which corresponds an indentation depth (h) of 0.6 μm was measured from the polycrystalline material with the finest grain size. The H_v decreases with increasing d and h, both of which are represented by $H_v \propto l^x$ where l corresponds to both sizes with a common x value of ~0.09. The relationship no longer holds at of > 4 μm and of > 1 μm where H_v take constant values of ~9.5 and ~8 GPa for Fe-free and Fe-bearing olivine, respectively. Fracture toughness (K_{IC}) measured from indentation diagonal size and length of cracks radiated outward from the indentation corners is ~0.8 MPa・$m^{1/2}$ for the polycrystalline materials, whose value does not change with the applied load, and olivine chemistry and grain size. The single crystals exhibit lower and orientation dependent toughness from 0.4 to 0.7 MPa・$m^{1/2}$.

キーワード：オリビン、硬さ、破壊靭性、圧入サイズ効果、粒径効果
Keywords: Olivine, Hardness, Fracture toughness, Indentation size effect, Grain size effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1]
*Yumiko Tsubokawa[1], Tomohiro Ohuchi[1], Yuji Higo[2], Yoshinori Tange[2], Tetsuo Irifune[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 高輝度光科学研究センター
1. Ehime University Geodynamics Research Center, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

Large-scale tectonic processes such as subduction of slabs depend critically on the rheological behaviour of major mantle minerals. Because olivine is the most dominant mineral under the lithospheric conditions, viscosity of dry olivine have been considered to control the strength of the oceanic lithosphere. However, this assumption needs to be reconsidered because olivine is too strong to allow the operation of plate tectonics (Kohlstedt et al., 1995). Ohuchi et al. (2011) showed that orthoenstatite, the second most abundant mineral, could be much weaker than olivine at lithospheric temperatures. Creep strength of polycrystalline orthoenstatite needs to be considered when we discuss the strength of lithosphere because mechanical data on single crystals give the upper/lower limits of the strength of orthoenstatite.

In order to determine the flow-law parameters for dislocation creep of orthoenstatite under the lithospheric conditions, deformation experiments of dry orthoenstatite aggregates were conducted at high temperatures (up to 1473 K) and high pressures (1.8-4.7 GPa) using a deformation DIA (D-DIA) apparatus combined with synchrotron X-ray radiation. Orthoenstatite aggregates, fabricated from powdered natural single crystals, were fired under controlled oxygen fugacity conditions near the FMQ-buffer to remove dissolved water in the samples. Applied differential stress and axial strain were measured using monochromatic X-ray diffraction patterns of orthoenstatite and radiograph images, respectively.

At a constant strain rate ranging from 7.7×10^{-6} to 5.2×10^{-5} s^{-1} , a steady-state creep strength (200-1200 MPa) was achieved at a strain higher than 4% during the uniaxial compression. The water content of samples was mostly less than 50 ppm (H/Si) through a sample deformation. Steady-state creep strength at each experimental conditions followed the power-law dislocation creep with the stress exponent n~3. TEM observations showed development of dislocations with the Burgers vector of either [001] or [0kl] in the recovered samples. The n and the activation energy (Q^* ~170 kJ/mol) , and Burgers vector determined in this study are comparable to those for the [001](010) slip system of dry orthoenstatite (Ohuchi et al., 2011). Viscosity of dry orthoenstatite is ~10 times lower than that of dry olivine (calculated from the flow law by Karato and Jung, 2003) under our experimental conditions (in the case of uniform stress at lithospheric conditions), suggesting that operation of plate tectonics is possible if the strength of a subducting slab is controlled by orthoenstatite.

キーワード：変形実験、斜方輝石、転位クリープ、リソスフェア
Keywords: Deformation experiments, Orthoenstatite, Dislocation creep, Lithosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:吉田 圭佑(東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻)、宇野 正起(東北大学)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

9:00 ~ 9:15

[SCG61-13] リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

9:15 ~ 9:30

[SCG61-14] 反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定

*宇野 正起[1]、笠原 久夢[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1] (1.東北大学大学院環境科学研究科)

9:30 ~ 9:45

[SCG61-15] デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4] (1.九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2.山口大学工学部機械工学科、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、4.九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門)

9:45 ~ 10:00

[SCG61-16] Fluid distribution in the crust – inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2] (1.富山大学大学院理工学研究部、2.海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター)

10:00 ~ 10:15

[SCG61-17] The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1] (1.京都大学防災研究所)

10:15 ~ 10:30

[SCG61-18] 北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2] (1.東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2.公益財団法人 地震予知総合研究振興会)

リソスフェア-アセノスフェア境界領域における熱史のダイナミクス：一ノ目潟産マントル捕獲岩の輝石組成累帯構造からの復元

Deciphering dynamics of thermal events at lithosphere-asthenosphere boundary from peridotite xenoliths of Ichinomegata maar, NE Japan

*佐藤 侑人[1]、小澤 一仁[1]
*Yuto Sato[1], Kazuhito Ozawa[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Mantle xenoliths are fragments of mantle materials almost instantaneously transported to the surface by alkali basalt or kimberlite magmas (Nixon, 1987). They are unique in that they record temporal changes of mantle processes in chemical zonings and microstructures of constituent minerals. Thus, such information can potentially constrain time-dependent dynamic processes occurring in the lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) zone, where mechanisms of heat and material transfer drastically change (Sleep, 2005, 2006). In this regard, Takahashi (1980) and Koyaguchi (1986) achieved key contributions. They examined chemical zonings of olivine and pyroxenes in spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata, a latest Pleistocene andesitic-dacitic maar located in the back-arc side of NE Japan arc (Katsui et al., 1979). They clarified a variety of thermal history that the xenoliths underwent, but processes responsible for the diversity is not resolved yet because the derivation depth was not constrained. We have conducted very careful geothermobarometry of spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata maar and successfully reconstructed the thermal, chemical, and rheological structures of the LAB zone beneath NE Japan arc at the time of Ichinomegata maar formation (80-60 ka) (Sato and Ozawa, 2017, 2018, JpGU meeting; Sato and Ozawa, 2016, 2017, AGU fall meeting; see our companion presentation in this meeting). We examined temporal changes of the structures through analyses of chemical zonings of pyroxenes in 9 plagioclase and spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata.

In our previous study, the depths and temperatures of 8 of the 9 xenoliths just before the xenolith extraction are estimated to range 28-55 km and 828-1081 ˚C. The mantle beneath Ichinomegata consists of shallow (28-32 km), low temperature, granular (less strained), and amphibole-bearing zone and deep (41-55 km), high temperature, porphyroclastic (strained), and amphibole-free and melt-bearing zone. We identified the shallower zone as lithospheric mantle, the deeper zone as LAB zone, and that their boundary was controlled by wet solidus.

We obtained Ca, Al, Cr, and Ti zonings of large clinopyroxene and orthopyroxene using EPMA at the University of Tokyo and analyzed them with a diffusion model. The zoning patterns of Ca, Al, and Cr of pyroxenes allow us to identify 4 different thermal histories from 4 types of chemical zonings for orthopyroxene (O1-O4) and 3 types for clinopyroxene (C1-C3) as summarized in Table 1. They are (1) continuous cooling at a cooling rate of ~$1x10^{-4}$ ˚C/y over the time scale of ~1-10 million years from ~1000 to ~830 ˚C (constrained from O1 and C1), (2) cooling followed by weak heating at ~900 ˚C over the time scale of ~10-100 thousand years (from O2 and C1), (3) cooling followed by strong heating at ~1050 ˚C over the time scale of ~1-100 thousand years (from O3 and C2), and (4) prolonged cooling and heating at ~1000 ˚C (from O4 and C3). There is a systematic depth variation of thermal histories as summarized in Table 2. It is notable that the shallow lithospheric mantle is characterized by simple cooling or cooling followed by weak heating and the deep LAB zone by cooling followed by strong heating. This systematic

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

depth variation requires a thermal perturbation of asthenospheric mantle beneath the deeper LAB zone, most plausibly asthenospheric upwelling.

The age of the Japan Sea opening is comparable to the time scale of cooling estimated from O1 and C1, and the continuous cooling at the shallow lithospheric mantle is attributable to the cooling of the back-arc basin lithosphere, The timescale of the heating event in the deep LAB zone is too short to be explained by LAB-fixed heat conduction model. Effective heat transportation mechanisms are necessary, either partial crystallization of melt generated in the asthenosphere that passed through the LAB zone as advocated by Takahashi (1980) or extensive lithosphere thinning.

キーワード：リソスフェア-アセノスフェア境界領域、スピネルカンラン岩捕獲岩、熱史、化学組成累帯構造
Keywords: lithosphere-asthenosphere boundary zone, spinel peridotite xenolith, thermal history, chemical zoning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Table 1. Patterns of chemical zonings in orthopyroxene and clinopyroxene.

Zoning type	Patterns of zoning profiles from core to rim		
	Ca	Al	Cr
Orthopyroxene			
O1	simple decrease	simple decrease	
O2	decrease followed by weak increase	decrease followed by weak increase	
		decrease followed by weak increase	simple decrease
O3	decrease followed by intense increase	decrease followed by intense increase	
O4	faint increase	faint decrease	
Clinopyroxene			
C1	simple increase	simple decrease	
C2	simple decrease	simple increase or decrease followed by intense increase	
C3	flat	faint decrease	

Table 2. Depth variations of chemical zoning types of pyroxenes and thermal hisotry.

Sample name	Pressure (GPa)	Depth (km)	Temperature (°C)	Chemical zoning of pyroxenes	
				Types	Decoded thermal history
HK64081206g	0.72 ± .52	28 ± 16	829 ± 23	O1 & C1	Simple cooling.
HK64081206c	0.80 ± .70	30 ± 21	828 ± 30	O1 & C1	Simple cooling.
HK64081206d	(0.82)	(31)	(875)	O2 & C1	Cooling followed by weak heating.
HK66031502	0.85 ± .42	32 ± 13	905 ± 19	O2 & C1	Cooling followed by weak heating.
IC81-5	1.16 ± .29	41 ± 9	1017 ± 15	O4 & C3	Cooling and long heating.
HK64081205a	1.29 ± .24	45 ± 7	1050 ± 12	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
IC81-8	1.46 ± .37	50 ± 11	1052 ± 19	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
HK66031501	1.51 ± .36	52 ± 11	1057 ± 18	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.
HK64081205b	1.62 ± .44	55 ± 13	1081 ± 23	O3 & C2	Cooling followed by strong heating.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

反応誘起応力による地殻応力発生と浸透率発展：MgO-H_2O系での測定
Experimental investigation of reaction-induced stress and permeability evolution in MgO–H_2O system

*宇野 正起[1]、笠原 久夢[1]、岡本 敦[1]、土屋 範芳[1]
*Masaoki Uno[1], Hisamu Kasahara[1], Atsushi Okamoto[1], Noriyoshi Tsuchiya[1]

1. 東北大学大学院環境科学研究科
1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University

Crustal and mantle hydration reactions at subduction zones accompany large solid volume change as much as several vol.% to several tens of vol.%. Such large solid volume change can generate stress and fractures, accelerate reactions and fluid migrations (e.g., Kelemen and Hirth, 2012), and potentially influence the fluid transport in the crust and mantle (e.g., Jamtveit et al., 2000). Field observations of serpentinization and peridotite carbonation suggest fracture generation and permeability enhancement by such “reaction-induced stress” (e.g., Jamtveit et al., 2008; Plumer et al., 2012). However, the permeability enhancement during hydration reaction have not been reproduced by experiments, and the mechanisms and conditions of permeability enhancement by volume-increasing reactions remain largely unknown.

To understand the controlling mechanisms of fluid flow during hydration reactions, we show one of the first experimental trial to measure the permeability evolution during hydration reactions. We use MgO–H_2O system, where periclase (MgO) react with H_2O to produce brucite ($Mg(OH)_2$). The reaction involves solid volume increase of as much as +119%. Our earlier experiments have revealed that the reaction-induced stress in this system are controlled by the competition of reaction rate and stress-dependent deformation rate, and exceeds ～40 MPa in this system which well exceeds the tensile strength of crustal rocks.

In this presentation, we have conducted flow thorough experiments to reveal the permeability evolution during hydration reactions. Experiments were conducted with sintered MgO with 4–14 vol.% porosity, under 100–300˚C with 5–50 MPa confining pressure and 5–15 fluid pressures. Preliminary experiments showed rapid permeability decrease in 2–3 orders, and finally the stainless sleeve broke by the reaction-induced expansion. The rate of permeability decrease is a function of the confining pressure, suggesting that the deformation of the reactant (brucite) has significant control over the permeability evolution during hydration reactions. We will present further experiments with various reaction rate/deformation rate ratios, and discuss the controlling factors of permeability enhancement/reduction during hydration reactions.

[References]
Jamtveit, B., Austrheim., H., Mathe-Sørenssen, A., 2000. *Nature* **408**, 75–78.
Jamtveit, B., Mathe-Sørenssen, A., Kstenko, Olga., 2008. *Earth and Planetary Science Letters* **267**, 620–627.
Kelemen, P.B., Hirth, G., 2012. *Earth and Planetary Science Letters* **345–348**, 81–89.
Plümper O., Røyne, A., Magrasó, A., Jamtveit, B., 2012. *Geology* **40**, 1103–1106.

キーワード：反応誘起応力、反応誘起破壊、浸透率
Keywords: Reaction-induced stress, Reaction-induced fracturing, permeability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

デジタル岩石亀裂を用いた亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションと実験値との比較
Fluid-Flow, Resistivity and Elastic Wave Velocity Simulation of Digital Rock Fracture and Comparison with Experimental Data

*澤山 和貴[1]、蒋 飛[2]、石橋 琢也[3]、辻 健[4]、藤光 康宏[4]
*Kazuki Sawayama[1], Fei Jiang[2], Takuya ISHIBASHI[3], Takeshi Tsuji[4], Yasuhiro Fujimitsu[4]

1. 九州大学大学院工学府地球資源システム工学専攻、2. 山口大学工学部機械工学科、3. 国立研究開発法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所、4. 九州大学大学院工学研究院地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate school of engineering, Kyushu University, 2. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Yamaguchi University, 3. Fukushima Renewable Energy Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4. Department of Earth Resources Engineering, Faculty of engineering, Kyushu University

亀裂内の流体流動特性は，地殻流体の挙動を律則し，岩盤の強度等にも影響を与える。そのため，地震発生や亀裂型貯留層（地熱貯留層やシェールガス）の定量的な評価を行う上でも，亀裂内流体流動を明らかにすることは極めて重要である。地殻流体の分布を把握するためには，電磁探査や地震探査などの物理探査手法がよく用いられる。しかしながら，比抵抗や弾性波速度と流体流動特性（浸透率など）を関連付ける岩石物理モデルが，亀裂を含む岩石において確立されておらず，物理探査の結果から亀裂内流体流動特性を詳細に検討することはできていない。また亀裂を含む岩石を用いてこれらの関連を同時に調べた研究もほとんど報告されていない。そこで本研究では，岩石亀裂を用いた実験に加え，これをデジタル化した数値モデルを用いて亀裂内流体流動・比抵抗・弾性波速度シミュレーションをそれぞれ行い，亀裂浸透率・比抵抗・弾性波速度の関連性を検討した。

実験試料として，それぞれ異なる開口幅を持つ2種類の稲田花崗岩亀裂試料（直径50 mm，長さ80 mm）を用意し，有効封圧5–30 MPa下で室内透水試験を行い圧力増加に伴う浸透率変化を測定した。この試料の亀裂表面粗さをデジタル化することで，様々な開口幅の数値モデル（解像度0.1 mm）を作成し，実験と同一の試料で数値シミュレーションを行った。流体流動シミュレーションは格子ボルツマン法を用いて行い，得られた流体分布から比抵抗・弾性波速度を有限要素法解析により検討した。

浸透率測定の実験結果から，圧力の増加によって浸透率が減少し，ある圧力を超えると浸透率の減少割合が変化する傾向が確認された。また数値シミュレーションの結果からも，亀裂開口幅を狭めるほど浸透率が減少し，ある一定の開口幅を超えると浸透率の減少割合が変化するという類似の傾向が確認された。さらに浸透率のマッチングによってこのときの亀裂形状を評価すると，この浸透率挙動の変化は亀裂接触面積がおよそ80%を超えると発生することが明らかとなった。このとき亀裂内の流路が大幅に制限され，亀裂スティフネスは急激に増加する傾向を示した。さらに，このしきい値の前後では比抵抗や弾性波速度の挙動も変化することが確認された。このことは，これら流体流動挙動の変化は，電磁探査や地震探査から検知可能であることを示唆している。

キーワード：デジタル岩石物理、弾性波速度、比抵抗、亀裂内流れ、格子ボルツマン法
Keywords: digital rock physics, elastic wave velocity, resistivity, fracture flow, Lattice Boltzmann Method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fluid distribution in the crust –inference from seismic velocity and electrical conductivity

*渡辺 了[1]、吉田 健太[2]
*Tohru Watanabe[1], Kenta Yoshida[2]

1. 富山大学大学院理工学研究部、2. 海洋研究開発機構海洋掘削科学研究開発センター
1. Gradudate School of Science and Engineering, University of Toyama, 2. Research and Development Center for Ocean Drilling Science, Japan Agency for Marine-earth Science and Technology

Aqueous fluids must play important roles in crustal dynamics including seismicity. Geophysical mapping of fluids will thus give us insights into crustal dynamics. Electrical conductivity profiles have suggested that fluids exist pervasively in the crust. However, the fluid distribution has not been quantitatively constrained. It must be due to our poor understanding of pores that govern seismic velocity and electrical conductivity under high pressures.

In order to understand pores governing physical properties under pressures, simultaneous measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity were conducted on a brine saturated granitic rock (Aji granite) under pressures up to 150 MPa and microstructure of pores was observed by X-ray micro CT and SEM with ion-milling and FIB. X-ray micro CT images show that many grain boundaries are open at atmospheric pressure. Elastic wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing confining pressure. Most of grain bouundary cracks are closed under high pressures (>100 MPa). The electrical conductivity is, however, still much higher than that of the solid phase. The brine must be interconnected under high pressures. SEM images suggest that wide aperture parts in grain boundaries are open even at high pressures and form conduction paths.

There should be cracks with various sizes in the crust: from grain boundaries to large faults. Though cracks are closed under pressure, there must be a variation in the aperture. Wide aperture parts may form conduction paths even under high pressures. The influence of wide aperture parts on physical properties can be evaluated by tube model. Electrical conductivity is proportional to the fluid volume fraction. A change in conductivity by 4 orders of magnitude requires a change in fluid volume fraction by 4 orders of magnitude. However, seismic velocity for tube model is insenstive to fluid volume fraction. Seismic velocity will thus show relatively small decrease for a large change in fluid fraction. Observed large variation in conductivity and relatively small variation in seismic velocity (e.g., Ogawa et al., 2001; Matsubara et al., 2004) are consistent with tube model. The variation in fluid fraction must reflect that in the amount of wide aperture parts, which is attributed to the variation the amount of cracks.

キーワード：地震波速度、比抵抗、流体
Keywords: seismic velcoity, resistivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The seismological structure about fault zone extending to the lower crust in the northern Kinki district, southwestern Japan

*加藤 慎也[1]、飯尾 能久[1]、澁谷 拓郎[1]、片尾 浩[1]、澤田 麻沙代[1]、冨阪 和秀[1]
*Shinya Kato[1], Yoshihisa Iio[1], Takuo Shibutani[1], Hiroshi Katao[1], Masayo Sawada[1], Kazuhide Tomisaka[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University

The “water-weakened lower crust model” has been proposed to explain the mechanism of stress concentration on faults of inland earthquakes (Iio et al. 2002). According to this model, it is necessary that heterogeneous structure caused by the fluid exists locally in the deeper part of fault zones in the lower crust, but it has not been clearly confirmed in previous researches. This is because we do not resolve the heterogeneous structure due to fluid in the deeper part of fault zones in the lower crust. In order to solve this problem, in this study, we tried to image the heterogeneous structure in the lower crust in detail.

We conducted S-wave reflection analysis to detect the horizontal distribution of the heterogeneous structure (reflector), and receiver function analysis to estimate the structure beneath the reflector, in the northern Kinki district, southwestern Japan. As a result of the S-wave reflection analysis, it is found that the reflector exists on the north side of the Arima-Takatsuki fault zone and does not exist on the south side of it. We consider that the distribution of the reflector is related to the Arima-Takatsuki fault zone. From a result of the receiver function analysis, it is found that reflector is a thin layer with low S-wave velocity.

It is concluded that the thin layer with low S-wave velocity exists in the lower crust of the northern Kinki region. As the origin of it, it is possible to consider fluid dehydrated from the Philippine Sea slab subducting beneath the Arima-Takatsuki fault zone. In the vicinity of the Arima-Takatsuki fault zone, it is known that fluid that seems to originate in the mantle springs out (Kazahaya et al. (2014)). In the lower crust, pores between minerals exist independently (Yoshino et al. 2002), and fractures caused by faulting is thought to be necessary for fluid movement (Mibe et al. (2000)). Furthermore, since the spatial distribution of the reflector is related to the Arima-Takatsuki fault zone, we consider that the reflector in the lower crust indicates that fluid exists in fractures caused by faulting. This result supports the water-weakened lower crust model.

キーワード：S波の反射法解析、レシーバ関数解析、下部地殻、断層帯、流体
Keywords: S-wave reflection analysis, receiver function analysis, lower crust, fault zone, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北海道函館周辺の深部低周波地震と内陸の繰り返し地震
Inland repeating earthquakes in the vicinity of low frequency earthquakes around Hakodate, Hokkaido

*吉田 圭佑[1]、長谷川 昭[1]、野口 科子[2]、笠原 敬司[2]
*Keisuke Yoshida[1], Akira Hasegawa[1], Shinako Noguchi[2], Keiji Kasahara[2]

1. 東北大学理学研究科附属地震噴火予知研究観測センター、2. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会
1. Tohoku University, 2. Association for the Development of Earthquake Prediction

地震の発生に，断層強度を低下させる流体圧の増加が重要な役割を果たしていることが指摘されている。例えば，2011年東北沖地震後に stress shadowにあたる東北日本中央部で発生した群発地震活動は，東北沖地震で生じた圧縮応力の低下が原因で深部から上昇してきた流体とその migrationにより引き起こされたと推定されている (Yoshida & Hasegawa, 2018a and b)。内陸域で発生する深部低周波地震も，しばしば流体との関係が議論される現象の一つである (例えば，Hasegawa & Yamamoto, 1994)が，その詳細なメカニズムについては未知のところも多い。我々は、流体圧変化と多様な断層運動現象について知見を得る目的で，地震予知総合研究振興会により展開された稠密な観測網内 (Noguchi et al., 2017)に発生した北海道函館周辺の深部低周波地震と周辺の地震活動について調べている。この地域では，通常の地震と低周波地震が非常に近接して発生しており，断層運動の流体との関わりを考える上で興味深い．本講演では，その調査結果について紹介する。

最初に，通常の地震と低周波地震の震源の再決定を行った。相対震源決定精度を大幅に向上させる目的で，Yoshida & Hasegawa (2018)と同様に，波形相関により求めた精密な P, S波の相対到達時刻差データを用いた Double-Difference法 (Waldhauser & Ellsworth, 2002)を適用した。ただし，低周波地震の波形は多様であり，低周波地震同士でほとんど高い相関は得られず，それらの相対位置はマニュアルによる検測値により規定されている。対象としたイベントの期間は 2003年から 2018年10月で，イベント総数は 198個，そのうち通常の地震が 22個，低周波地震が 176個である。

得られた震源分布によると，低周波地震は深さ方向に広がりを持ち，やや東向きに傾斜して分布している。最も深いものはおよそ35 km程度の深さで発生しており，一方最も浅いものの深さは約 5 kmである。この深さ方向の広がりは，直上の観測点におけるS-P時間の変化からも確かめられている。

この地域では、上記のように低周波地震が極浅部でも発生し，それらは通常の地震の発生域に近接して発生している．低周波地震と近傍で発生している通常の地震を比較してみると，初動部分の波形がよく似た特徴を持つことが分かった。スペクトル比を取ると，通常地震のコーナー周波数よりも低周波側で ω-2 よりもやや緩いスロープで振幅が低下している。また，通常の地震同士の震源位置および相対到達時刻データを調べてみると，それらが同一場所の繰り返し破壊であることが分かった。周辺域においてtemplate matching法 (Shelly et al., 2013)により，地震の検出を行ってみると，それ以外にも繰り返し地震とみられる地震系列が見つかった。ある繰り返し地震系列は，10分程度の非常に短い時間間隔で発生している。注水実験の際に，非常に短い時間間隔で繰り返し地震の発生が報告されているが (Lengline et al., JGR 2014)，それと同様のことが自然地震でも生じていることを示唆する。すなわち，一度地震が発生してせん断応力が減少しても，その断層面で急激な間隙水圧増加が生じ断層強度が更に低下させられたことにより，同一場所が繰り返し滑りを生じさせた可能性が考えられる。

キーワード：repeating earthquakes、hypocenter relocation
Keywords: low frequency earthquakes, earthquake detection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:芝崎 文一郎、佐藤 大祐

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

10:45 ~ 11:00

[SCG61-19] 不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

*芝崎 文一郎[1] (1.建築研究所国際地震工学センター)

11:00 ~ 11:15

[SCG61-20] Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4] (1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3.鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター)

11:15 ~ 11:30

[SCG61-21] Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2] (1.名古屋大学減災連携研究センター、2.名古屋大学大学院環境学研究科、3.京都大学防災研究所、4.岡山大学教育学研究科、5.信州大学教育学部)

11:30 ~ 11:45

[SCG61-22] ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2] (1.京都大学防災研究所、2.名古屋大学減災連携研究センター)

11:45 ~ 12:00

[SCG61-23] 粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2] (1.京都大学大学院理学研究科、2.京都大学防災研究所)

12:00 ~ 12:15

[SCG61-24] 南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2] (1.京都大学防災研究所、2.米国地質調査所)

不均質レオロジー構造を考慮した中部日本における歪集中と山地形成過程のモデル化

Modeling strain concentration and mountain building processes in central Japan considering heterogeneous rheological structure

*芝崎 文一郎[1]
*Bunichiro Shibazaki[1]

1. 建築研究所国際地震工学センター
1. International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Building Research Institute

Recent analysis of crustal deformation using GEONET data has revealed the existence of several strain concentration zones in the Niigata–Kobe Tectonic Zone (Sagiya, et al., 2000), in the Ou backbone range (Miura et al., 2004), in Kyushu, and San-in (Nishimura et al., 2018), etc. Many large inland earthquakes have occurred in the strain concentration zones. Elucidating the mechanism of strain concentration leads to understanding generation processes of large inland earthquakes. We develop a model of strain concentration and mountain building in the island-arc crust of central Japan, where several high mountain ranges have been formed by active crustal deformation. We use the finite element code with nonlinear viscoelasticity and plasticity based on Mohr-Coulomb criterion (e.g. Shibazaki et al., 2016). We consider gravitational force as a body force because the plasticity and the flow law depend on absolute stress.

Based on dense geothermal gradient data from Hi-net (Matsumoto et al., 2007) and the Geological Survey of Japan (Tanaka et al., 2004), we develop a thermal structure. We also consider a thick sedimentary layer where the friction coefficient is low based on the J-SHIS deep subsurface structure (NIED). Numerical results show that under the compressional tectonic setting, mountains are reproduced along high geothermal gradient regions. We can reproduce the Hida mountain range, Chikuma mountain, Echigo mountain range, and others, where a geothermal anomaly exists. Our model can also reproduce strain concentration in the Hida region. Furthermore, we can reproduce a strain concentration zone by setting the frictional coefficient to be low in the basement of the Niigata region.

However, the model cannot reproduce the strain concentration zone in the Atotsugawa and Kinki regions where strike slip faulting is dominant; therefore, we consider the boundary condition that yields the stress state of the strike-slip faulting and the effect of water distribution or rheology of partial melting based on seismic velocity anomalies (Nakajima and Hasegawa, 2007). We can reproduce strain concentration along the seismic velocity anomalies. Our results suggest that the Niigata-Kobe strain concentration zone is developed by several factors: thermal anomaly, pre-existing rift structure, and the presence of fluid and partial melting in the crust and the upper mantle.

キーワード：中部日本、歪集中帯、山地形成、有限要素法、非線形粘弾性、モール・クーロンの降伏基準による塑性
Keywords: Central Japan, Strain concentration zone, Mountain building, Finite element method, Nonlinear viscoelasticity , Plasticity based on Mohr-Coulomb criterion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

Inelastic strain rate and deviatoric stress field of the seismic gap in west part of Kyushu, Japan, estimated from seismic and geodetic data

*湯浅 雄平[1]、松本 聡[2]、中尾 茂[3]、松島 健[2]、大倉 敬宏[4]
*Yuhei Yuasa[1], Satoshi Matsumoto[2], Shigeru Nakao[3], Takeshi Matsushima[2], Takahiro Ohkura[4]

1. 九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2. 九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター、3. 鹿児島大学大学院理工学研究科地球環境科学専攻、4. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Department of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 4. Aso Volcanological Laboratory, Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

地震は地殻中の差応力を開放する現象とみることが出来るので、地震発生のメカニズムを理解するためには地殻中の応力の状態を知る必要がある。これまでに発震機構解やサイスミックモーメントテンソルを用いた応力場推定の研究は数多く行われてきた(e.g., Michael 1984; Horiuchi et al. 1995; Terakawa & Matsu’ura 2008)。しかしながら正確な応力場推定は十分な量の地震データを必要とするので、地震活動の低調な領域の応力場を正確に推定することは困難である。そこで地震空白域における応力場を知るために重要な要素は非弾性歪みとなる。これは塑性理論の流れ則に基づいて非弾性歪み変化と偏差応力を関連付けることが出来るからである(Matsumoto 2016)。従って、偏差応力場を推定するためには測地学的観測から得られる総歪み変化から非弾性歪みソースによるひずみ速度を分離する必要がある。ここで我々はサイスミックモーメントテンソルと測地データを組み合わせた非弾性歪みの解析による新たな偏差応力場推定を導入する。本研究では、全ひずみ速度場の短波長成分が非弾性変形によるものと仮定して上部地殻内の非弾性ひずみ速度場を推定し、流れ則から偏差応力場を決定する。この方法を九州西部の天草地震空白域とその周辺に対して適用させた。地震空白域の非弾性変形は横ずれ、もしくは正断層タイプの変形を示し、そこから推定された偏差応力場は空白域周辺と同様の傾向を有していることが分かった。さらに推定された偏差応力は地震空白域内でごく稀に発生する地震の滑りベクトルをよく説明している。これらの結果は地震空白域の成因と周辺の断層への応力集中に関する重要な情報を提供すると期待される。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Persistent and time-dependent crustal deformation in northern Fossa Magna and its tectonic implications

*鷺谷 威[1]、熊谷 光起[2]、Meneses Angela[3]、松多 信尚[4]、廣内 大助[5]、松廣 健二郎[2]、奥田 隆[2]
*Takeshi Sagiya[1], Koki Kumagai[2], Angela Meneses-Gutierrez[3], Nobuhisa Matsuta[4], Daisuke Hirouchi[5], Kenjiro Matsuhiro[2], Takashi OKUDA[2]

1. 名古屋大学減災連携研究センター、2. 名古屋大学大学院環境学研究科、3. 京都大学防災研究所、4. 岡山大学教育学研究科、5. 信州大学教育学部
1. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 2. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. Graduate School of Education, Okayama University, 5. Faculty of Education, Shinshu University

In the northern Fossa Magna of the northern Nagano Prefecture, GNSS observations over last two decades identified a rapid E-W contraction around the northern Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line (ISTL) and the Western Nagano Basin Fault (WNBF). After the 2011 Tohoku-oki earthquake, postseismic deformation with a large E-W extension occurred throughout northeast Japan. However, the northern Nagano area has been still under contraction, implying that the local contraction is a persistent deformation feature. Similar persistent deformation was identified in the Niigata area by Meneses-Gutierrez and Sagiya (2016) and around other active faults in central Japan. These observations illustrate that there exists persistent localized deformation in the lower crust beneath active faults, driven by the regional stress field. This localized deformation in the lower crust is the driving force for faults in the upper crust. The persistent local crustal deformation around active faults suggests that the long-term inland deformation and resultant inland seismic activity are steady over a longer time scale than that of an earthquake cycle at subduction zones. On the other hand, after the 2014 Northern Nagano Earthquake (Mw6.3) along the northern ISTL, an acceleration of contraction along the WNBF was identified. This observation implies that the northern ISTL and WNBF are not independent but mechanically interact each other, forming an active deformation system that accommodates regional deformation. Such a complicated behavior of the fault system implies that the long-term activity of each fault in the system is not steady but time-dependent. Such a time-dependence may be a cause of irregular activity of inland faults and such a possibility should be considered for evaluation of seismic hazard.

キーワード：内陸地震、活断層、非弾性変形、定常地殻変動、断層相互作用
Keywords: inland earthquake, active fault, inelastic deformation, persistent crustal deformation, fault interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ΔCFFと歪み速度パラドックスの意外な関係：非弾性歪みからの塑性歪みの分離

Unexpected relationship between ΔCFF and the strain-rate paradox: separation of plastic strain from inelastic strain

*深畑 幸俊[1]、Meneses Angela[1]、鷺谷 威[2]
*Yukitoshi Fukahata[1], Angela Meneses-Gutierrez[1], Takeshi Sagiya[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

In the field of seismic activity, the phenomena of stress shadow is well known, that is to say, the area with negative ΔCFF after an large earthquake tends to have fewer aftershocks (e.g., Toda et al. 2011, GRL). The concept of ΔCFF is also usful to understand earthquake activity for longer time scales as exemplified by Shikakura et al. (2014, JGR), which shows that large inland earthquakes that happened in western Japan recent 500 years can be very well exlpained by the change history of ΔCFF, which is mainly controled by the repeated occurrences of the Nankai earthquakes and secular increase of east-west compression.

Meneses-Gutierrez and Sagiya (2016, EPSL) have successfully separated the component of inelastic strain from the analysis of pre- and post-seismic GNSS data of the 2011 Tohoku-oki earthquake in the area around the Niigata prefecture. However, when we examine the observed GNSS data in detail, the separated inelastic strain rate is slightly but clearly faster before the Tohoku-oki earthquake. If the inelastic strain is due to viscous flow that depends only on the absolute stress, it is difficult to explain the observed GNSS data, because the stress change due to the 2011 Tohoku-oki earthquake in this area is less than 1 MPa, which is likely to be much smaller than the absolute stress.

Therefore, we consider that the concept of ΔCFF could be applicable not only to seismic activity but also to crustal deformation. In other words, we consider that the change of the inelastic strain rate is caused by plastic strain, which was active before the 2011 Tohoku-oki earthquake but ceased after the earthquake, because the stress level is dropped due to the occurrence of the 2011 Tohoku-oki earthquake, although inelastic strain due to viscous flow occurs essentially in the same manner before and after the 2011 Tohoku-oki earthquake.

If we accept this concept, the strain rate paradox of Japan is viewed differently, that is, the strain rate was exceptionally faster before the 2011 Tohoku-oki earthquake. It might also be possible to issue more effective warnings of large inland earthquakes in western Japan from detailed analyses of crustal deformation data.

キーワード：塑性歪み、ΔCFF、非弾性歪み、歪み速度パラドックス
Keywords: plastic strain, ΔCFF, inelastic strain, strain-rate paradox

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘弾性を考慮した海溝型地震サイクルの数値シミュレーションに基づく内陸地震の活動期

Active period of inland earthquakes based on numerical simulation of megathrust earthquake cycle incorporating viscoelasticity

*水戸川 司[1]、西村 卓也[2]
*Tsukasa MITOGAWA[1], Takuya NISHIMURA[2]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

In the subduction zone, megathrust earthquakes may modulate shallow crustal seismicity in the overriding plate. Historical documents demonstrate that large inland earthquakes frequently occurred for 50 years before and 10 years after megathrust earthquakes along the Nankai trough, southwest Japan. Previous studies suggest that inland earthquakes cannot occur until recovering the stress reduced by a megathrust earthquake on the fault. In this study, we modeled megathrust earthquake cycle in a simple oblique subduction zone and calculated temporal evolution of the Coulomb’s Failure Stress changes (ΔCFS) on inland right-lateral strike-slip faults. And we examined the influence of megathrust earthquake cycle on the activity tune of inland earthquake.

Sources for loading inland faults are assumed to be interseismic locking and coseismic slip on the megathrust fault, stress changes due to inland earthquake and interaction between inland earthquake, and creep on a deeper extension of the inland faults. The stress change due to the megathrust fault was computed with numerical code by Fukahata and Matsu'ura (2006), assuming a medium composed of an elastic layer overlying a Maxwell viscoelastic half-space. We focus on ΔCFS depending on the distance from the megathrust fault, not its along-strike variation. In other words, only two-dimensional stress change at the center of a sufficiently long thrust fault plane (length 2000 km) is calculated. The megathrust fault is represented by a single rectangular fault whose depth, width, strike, dip, and rake are 11 km, 108 km, 270˚, 10˚, and 117˚, respectively. We assigned 6 m of coseismic slip at an interval of 100 years and 6 cm/year of back-slip during the interseismic period on the megathrust fault.The inland faults are located at 150 km (hereafter fault A) and 300 km (hereafter fault B) away from the upper edge of the megathrust fault and their depth, length, width, strike, dip, and rake are 4 km, 30 km, 6 km, 110˚, 90˚, and 180˚, respectively. Coseismic slip of 2 m was assigned when ΔCFS at the center of the inland faults exceeded 4.4 MPa.Becuase the code of Fukahata and Matsu'ura (2006) approximates a rectangular fault by numbers of point sources, a stress change on the fault plane can’t be calculated. Therefore, we calculated a coseismic stress change on the fault plane assuming a semi-infinite elastic medium (Okada, 1992). In addition, stress loading by creep on a deeper extension of the inland faults was given to each inland fault at a constant rate.

ΔCFS on both inland faults is negative at the megathrust earthquake. When the stress loading rate is 5 kPa/year, the inland earthquake does not occur for 42 years on fault A and 15 years on fault B after the megathrust earthquake. Our interpretation is that viscoelastic effects of megathrust earthquakes makes these quiescence periods shorter and longer for faults A and B, respectively. Also, when the stress loading rate is 0.5 kPa/year, the quiescence period is 83 and 71 years for faults A and B. It is interesting that the quiescence period is not much dependent on the distance from the megathrust fault if the stress loading rate is small, though ΔCFS on both inland faults is highly dependent on the distance at the megathrust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

earthquake.

キーワード：地震サイクル、クーロン応力変化、粘弾性
Keywords: seismic cycle, coulomb stress change, viscoelasticity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフのプレート間カップリング推定に及ぼす粘弾性緩和の影響
Influence of viscoelastic relaxation on estimated interplate coupling along the Nankai Trough, southwest Japan

*西村 卓也[1]、Fred Pollitz[2]
*Takuya NISHIMURA[1], Fred F Pollitz[2]

1. 京都大学防災研究所、2. 米国地質調査所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. U.S. Geological Survey

沈み込み帯の地殻変動を理解する上でアセノスフェアの粘弾性緩和を考慮することは重要である．測地データに基づくプレート間カップリングの推定には，弾性ディスロケーションモデルが用いられることが多かったが，近年の研究では(例えば，Li et al., 2015)粘弾性の影響を無視することによる推定結果のバイアスが指摘されている．Pollitz and Evans (2017)は，米国西部のブロック断層モデルに沈み込み帯の地震サイクルの粘弾性変形補正項を導入し，プレート間カップリングと剛体ブロック運動の同時推定を行った．粘弾性変形補正項は２つの項がある，第一項は過去からのプレート間固着による粘弾性変形に関連して，時間変化しない成分である．第二項は過去に発生した大地震の粘弾性緩和による余効変動であり，大地震からの経過時間に依存する成分である．本研究では，これらの補正項について南海トラフの巨大地震サイクルにおける時間変化を検討した．

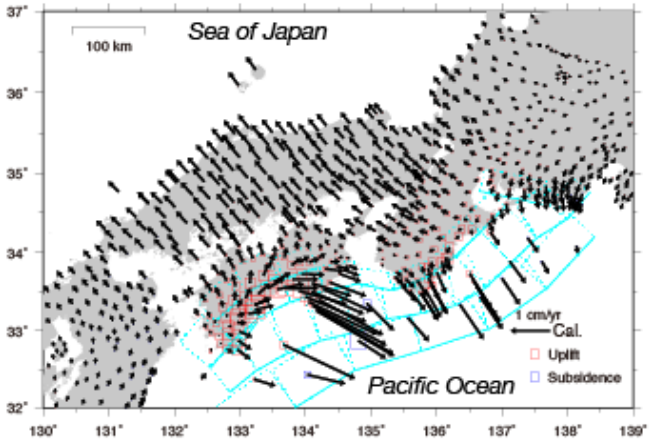
粘弾性変形の計算には，VISCO1D(Pollitz, 1997)を用い，厚さ35kmの弾性体の下に粘性率10^{19}Pa sの半無限マックスウェル粘弾性体からなる二層構造を仮定した．1944年東南海地震と1946年南海地震を合わせた南海トラフ地震の震源断層モデルとしてSagiya and Thatcher (1999)を用いた．地震の再来間隔は117年とし，地震間にすべり欠損速度は一定で，蓄積したすべり欠損の全てが南海トラフ地震によって完全に解放されると仮定した．図A-Cに，2007年時点での粘弾性変形の補正項（第一項，第二項，及びその和）を示す．第一項はすべり欠損による弾性応答と粘弾性応答の差に対応するが，太平洋沿岸で2cm/年，日本海沿岸で数mm/年に達する．第二項の変形速度は，第一項とは概ね逆向きとなり，最後の大地震からの経過時間によって減衰していく．第二項の大きさは概ね地震の30年後に第一項と同じとなるため，粘弾性変形補正項全体としては，30年後に一番小さくなる．地震後61年(2007年)でも第一項と第二項の大きさはさほど変わらないので，補正項全体で2mm/年を超えるのは，室戸岬周辺など太平洋沿岸の一部のみとなる．海溝型地震サイクルの最終盤であっても，第二項の大きさは数mm/年程度であるので，粘弾性補正の精度を高めるには第二項の影響を無視することはできない．

発表では，陸上GNSSと海底GNSS-Aの速度場に基づく西南日本のブロック断層モデル（Nishimura et al., 2018）に粘弾性補正を適用した結果についても報告する．

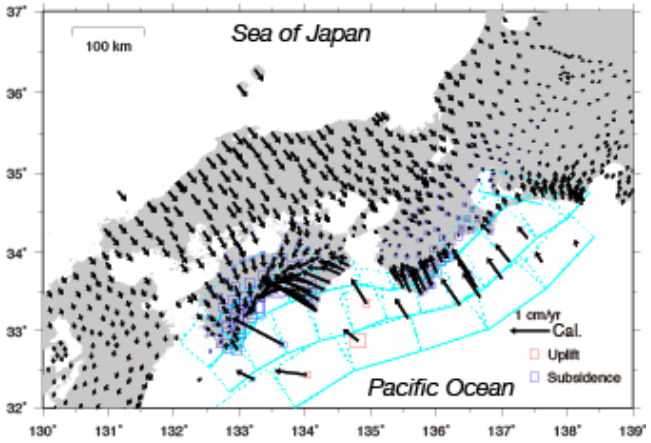
キーワード：地殻変動、粘弾性緩和、南海トラフ、粘弾性ブロックモデル
Keywords: Crustal deformation, Viscoelastic relaxation, Nankai trough, Viscoelastic block model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

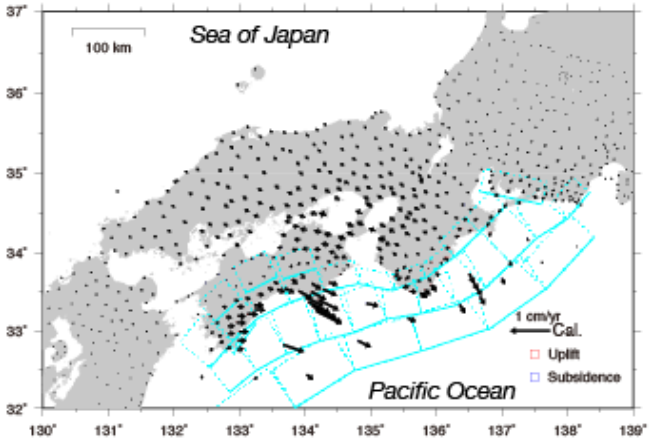
(a)Velocity for viscoelastic correction of slip-deficit



(b) Velocity for viscoelastic correction of past earthquakes



(c) Velocity for total viscoelastic correction



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | コンベンションホールA 2F

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)、座長:内田 直希、飯沼 卓史

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

13:45 ~ 14:00

[SCG61-25] Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3] (1.京都大学大学院理学研究科、2.Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3.京都大学防災研究所)

14:00 ~ 14:15

[SCG61-26] 数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

*丹羽 雄一[1] (1.中央大学理工学部)

14:15 ~ 14:30

[SCG61-27] S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3.国立研究開発法人 防災科学技術研究所)

14:30 ~ 14:45

[SCG61-28] 東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1] (1.東北大学)

14:45 ~ 15:00

[SCG61-29] 東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について

*高田 陽一郎[1]、稲松 知美[2] (1.北海道大学大学院理学研究院、2.北海道大学大学院自然史科学専攻)

15:00 ~ 15:15

[SCG61-30] Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1] (1.海洋研究開発機構、2.東北大学大学院理学研究科)

Revisiting the Forearc Sliver Scenario Along the Southern Kurile Trench to Reconcile Interdisciplinary Observations

*伊東 優治[1]、Kelin WANG[2]、西村 卓也[3]
*Yuji ITOH[1], Kelin WANG[2], Takuya NISHIMURA[3]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada、3. 京都大学防災研究所
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Forearc sliver has been proposed as a mechanism to accommodate margin-parallel component of oblique plate convergence along the southern Kurile trench. The sliver scenario was established based mostly on the presence of the margin-perpendicular Hidaka Mountain Range (HMR), graben at Bussol Strait, en echelon Kurile Islands and high temperature metamorphic and intrusive rocks exposed at HMR. Along the volcanic front, geological faults including Kamishi-Yubetsu tectonic zone with 50 km right-lateral displacement was reported. Seismic velocity tomography and refraction/reflection experiments beneath HMR show the heterogeneous crustal structure relating to collision of the Kurile forearc and Northeast Japan arc, indicating upwelling of upper mantle, sinking of crustal material and delamination of upper mantle beneath HMR, and shortening in the foreland of HMR. Anomalous deep crustal earthquakes beneath HMR such as the 1970 M6.7 Hidaka and 1982 M7.1 Urakawa-oki earthquakes show active margin-parallel compression. However, other observations cast doubt on the forearc sliver being presently active. Although some active faults are reported along the volcanic front, they are not right-lateral faults. Interseismic GNSS velocities do not show localized right-lateral shear deformation along the volcanic front, although they show active margin-normal shortening in the foreland of HMR consistent with active collision. In this study, we propose a new scenario of forearc kinematics and strain partitioning along the southern Kurile trench to reconcile these seemingly discordant observations.

A mountain like HMR pushes sideways because of gravity and acts as a buttress of the forearc sliver to impede its migration. We compared the stress field inferred from CMT solution with that predicted from a buttressed sliver model. The comparison suggests that (1) the forearc sliver is buttressed at HMR and (2) resistance to right-lateral shear along the volcanic front is very large. Therefore, we propose a scenario as follows. The forearc sliver had been increasingly buttressed as HMR rose, so that the rate of strain partitioning diminished with time. Eventually, the forearc migration became too slow to cause recurring large earthquakes and to maintain a mature active fault zone along the volcanic front. As a result, the fault zone healed with time. At present, the forearc and backarc deform together without active faulting and localized shear along the volcanic front.

We also compared Kurile with other oblique subduction zones and found that margin (trench) curvature appears to principal control forearc kinematics. At Cascadia and Nankai where the margin is concave seaward, interseismic GNSS velocities do not show discernable localized shear to define the forearc sliver but strong margin-parallel shortening towards the area of maximum margin curvature. In contrast, in southernmost Chile where the trench is approximately straight, there is little margin-parallel shortening but significant forearc sliver migration. However, at Kamchatka, although the margin is concave off-Kamchatka Peninsula, significant margin-parallel migration of Aleutian Islands is still occurring, which we speculate is due to the extreme obliquity of plate convergence here. Even in this case, significant shortening is observed at the leading edge of the forearc sliver. The concave margin has buttressed the forearc sliver and caused shortening in the area of maximum curvature in the geological time scale as well because the tectonic setting itself, such as the margin curvature and the obliquity of plate convergence, is the controlling factor of the forearc kinematics.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：千島海溝、前弧スリバー、斜め沈み込み、日高山脈、Strain Partitioning、火山フロント
Keywords: Kurile Trench, Forearc Sliver, Oblique Subduction, Hidaka Mountain Range, Strain Partitioning, Volcanic Front

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

数千年スケールの地殻変動の空間的差異から見た三陸海岸における地殻変動区区分

Segmentation of crustal deformation area within the Sanriku coast, northeast Japan, on the basis of spatial distribution of millennial-scale crustal movements

*丹羽 雄一[1]
*Yuichi Niwa[1]

1. 中央大学理工学部
1. Faculty of Science and Engineering, Chuo University

東北地方太平洋岸に位置する三陸海岸では，2011年に発生した東北地方太平洋沖地震前の数十～百年間の沈降傾向(Kato, 1983)，2011年の地震時の最大1 m強の沈降(Ozawa et al., 2011)，および現在までで最大数10 cmにおよぶ地震後の隆起(国土地理院，2017)が観測されている。一方，当該海岸では，海岸沿いに分布する平坦面を海成段丘と解釈することで，10^5年スケールの隆起傾向が示唆されてきた(小池・町田，2001)。

この対象期間によって異なる地殻変動の向きを説明するモデルが，地震サイクルと関連付けて提案されている(池田ほか，2012；Nishimura, 2014など)。これらのモデルは，三陸海岸が単一の地殻変動区から構成され，1つの地震サイクルで隆起量の累積が沈降量の累積を上回るように示される。しかし，隆起傾向の根拠となる海成段丘のうち，分布が明瞭かつ，編年データが得られているのは三陸海岸の中でも久慈以北だけである(宮崎・石村，2018)。また，宮古以南では，海成段丘と解釈された平坦面の分布は断片的であり，確実度高く海成段丘を認定することはできない(小池・町田，2001)。

このように，海成段丘の分布の特徴のみから三陸海岸における測地観測よりも長期間の地殻変動を広域的に把握することは難しい。一方，近年では三陸海岸に点在する沖積平野では，表層地質の解析に基づいて10^3～10^4年スケールの地殻変動が推定されつつある(丹羽ほか，2014など)。三陸海岸南部に位置する陸前高田平野，気仙沼大川平野，および大沼では，沖積層の解析から推定される潮間帯堆積物(過去の海面高度指標)が地殻変動を含まない理論的な海面高度よりも低いことから，10^3～10^4年スケールの沈降傾向が示唆される(丹羽ほか，2014，2015；Ishimura and Miyauchi, 2017)。気仙沼大川平野と大沼の中間に位置する津谷平野では，10^3～10^4年スケールの沈降傾向を支持する，相対的海水準上昇に対応した堆積環境変化が報告されている(丹羽ほか，2016)。三陸海岸中部に位置する津軽石平野においても潮間帯堆積物が地殻変動を含まない理論的な海面高度よりも低いこと，および相対的海水準上昇に対応した堆積環境変化が報告され，10^3～10^4年スケールの沈降傾向が示唆される(Niwa et al., 2017)。一方，三陸海岸北部の小本平野では，前述の顕著な沈降を示す堆積環境の特徴は認められず，10^3～10^4年スケールの沈降傾向は認められない，あるいは顕著ではない(Niwa et al., in press)。

これら10^3～10^4年スケールの地殻変動の空間分布に着目すると，津軽石以南では沈降傾向，津軽石よりも北方に位置する小本では津軽石以南に対して相対的な隆起傾向にあることが確認される。この分布傾向は，東北地方太平洋沖地震時の沈降量(Ozawa et al., 2011)および同地震以前の10^1～10^2年スケールの沈降速度(Kato, 1983)の分布傾向とも調和する。これらの結果から，三陸海岸の地殻変動様式が津軽石と小本の間で異なることが考えられ，地震サイクルの議論の際に単一と見なされてきた三陸海岸の地殻変動区を複数にセグメント区分する必要性が示唆される。

池田ほか(2012) 地質学雑誌，118，294-312．Ishimura and Miyauchi (2017) Mar. Geol., 38, 126-139. Kato (1983) Tectonophysics, 97, 183-200. 小池・町田(2001) 東京大学出版会, 122p．国土地理院(2017)地

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震予知連絡会会報，96，75-93．宮崎・石村(2018) 地学雑誌，127，735-757．Nishimura (2014) J. Disaster Res., 9, 294-302. 丹羽ほか(2014)第四紀研究，53，311–312. 丹羽ほか(2015) 地学雑誌．124, 554-560．丹羽ほか(2016)地学雑誌，125，395-407．Niwa et al. (2017) Quat. Int., 456, 1-16. Niwa et al. (in press) Quat. Int.. Ozawa et al. (2011) Nature, 475, 373-377.

キーワード：三陸海岸、地震サイクル、数千年スケール、地殻変動区
Keywords: the Sanriku coast, earthquake cycle, millennial-scale, crustal deformation area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた東北日本前弧海域下のS波スプリッティング解析
Shear wave splitting east off NE Japan based on the S-net data

*内田 直希[1]、中島 淳一[2]、高木 涼太[1]、吉田 圭佑[1]、中山 貴史[1]、日野 亮太[1]、岡田 知己[1]、浅野 陽一[3]、田中 佐千子[3]
*Naoki Uchida[1], Junichi Nakajima[2], Ryota Takagi[1], Keisuke Yoshida[1], Takashi NAKAYAMA[1], Ryota Hino[1], Tomomi Okada[1], Youichi Asano[3], Sachiko Tanaka[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 東京工業大学 理学院地球惑星科学系、3. 国立研究開発法人 防災科学技術研究所
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, 3. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

東北日本前弧海域下の地震波速度異方性をS波スプリッティングデータ解析により推定した。データは，防災科学技術研究所による日本海溝海底地震津波観測網（S-net）で収録された2016年8月から2018年10月の421個のプレート境界地震を用いた。このプレート境界地震の判定には，防災科学技術研究所の広帯域地震観測網（F-net）によるメカニズム解を用いた。速いS波の振動方向および速いS波と遅いS 波との時間差は波形相関法により推定した。なお，解析に用いる地震は，観測点からみて鉛直下向きから35°の範囲に限定した。推定の結果，千葉県沖から北海道東方沖にかけて，速いS波の振動は海溝と平行な方向を持つ傾向が見られた。これは，先行研究による前弧陸域の結果と同様である。このような前弧海域下の地震波速度異方性の原因としては，Bタイプかんらん石の流動直交方向の速い地震波速度や前弧上盤での現在の応力場や過去の構造発達過程に起因するクラックの選択配向などが考えられる。

謝辞：本研究では防災科学技術研究所によるS-netのデータを使用させていただいた。記して感謝いたします。

キーワード：S波スプリッテイング、S-net、前弧
Keywords: Shear wave splitting, S-net, forearc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧における断層転位モデルを用いた活断層と地殻レオロジーによる重力異常

Gravity anomaly due to active faults and crustal rheology in the northeastern Japan arc inferred by fault dislocation model

*平野 光浩[1]、長濱 裕幸[1]、武藤 潤[1]
*Mitsuhiro Hirano[1], Hiroyuki Nagahama[1], Jun Muto[1]

1. 東北大学
1. tohoku university

Short-wavelength Bouguer gravity anomaly reflects crustal structures including effective elastic thickness distribution in the northeastern (NE) Japan arc [1-3]. Moreover, earthquake epicenters and active faults tend to be located in the region of the negative gravity anomaly or high gradient in the anomaly in the NE Japan arc [1-3]. Following the relationship between gravity anomaly and active fault distributions, Yamazaki and Nagahama [4] derive an equation of static gravity change by volumetric strain due to fault dislocation, and argue that active faults contribute to Bouguer gravity anomaly in the NE Japan arc. On the other hand, seismicity and active fault distribution tend to be located in the region with high gradient of thermal gradients or along the boundary between high and low seismic wave velocity [5-7]. Thermal gradient and seismic wave velocity reflect mechanical behaviors (viscosity and elasticity) and they are indices of crustal rheology. However, relationship between gravity anomaly and the influence of the inhomogeneity in crustal rheological structures including active fault distributions have been not unknown yet. In addition, although large positive gravity anomaly is expected along the Ou-backbone Range by its pop-up structure, negative or small positive gravity anomaly zone exists along the Ou-backbone Range. So, we study relationship between gravity anomaly and rheological properties in the NE Japan arc. First, we calculated gravity anomaly due to volumetric strain by fault dislocation model in a homogeneous elastic half space. In this case, considering compressive stress field that has continued since 3 Ma in the NE Japan arc, we give total fault displacements in the 3 million years to active faults. This model calculation generates negative gravity anomaly less than 15 mGal around active faults and these generally agree with some negative areas of short-wavelength Bouguer gravity anomaly (such as the Ou-backbone Range, Yamagata Basin and the Niigata Plain). Next, we compare short-wavelength Bouguer gravity anomaly with three available datasets in the NE Japan (thermal gradient, crustal strain rate and P-wave velocity) along the two transects created normal to the arc. This comparison reveals the correlation between negative peak in the gravity anomaly and the peaks of thermal gradient and contraction, and negative peak of P-wave velocity around the Ou-backbone Range. The comparisons suggest the relationship between gravity anomaly and crustal rheology, and that contraction along the Ou Backbone Range produces negative gravity anomaly. The result also explains the relationship between gravity anomaly and seismicity and active fault distributions since both of them distribute to transitional areas of crustal rheological structures. Hasegawa et al. [8] pointed out that reverse faults and large contraction along the Ou Backbone Range reflects the heterogeneity in rheological properties in the NE Japan arc. Therefore, those comparisons imply that reverse faults and anelastic contraction produce continuous negative gravity anomaly along the Ou-backbone Range. Finally, we propose that the gravity anomaly can be an index of the heterogeneity in crustal rheology.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References: [1] Hagiwara, Y. (1979), J. Geod. Soc. Japan, 25, 209-210. [2] Hagiwara. Y. (1980), J. Geod. Soc. Japan, 26, 132-133. [3] Kudo, K. et al. (2010), The earth monthly, 32, 373-382. [4] Yamazaki, K. and Nagahama, H. (1999), Acta Geophys. Pol., 47, 239-257. [5] Zhao, D. and Ochi, F. (2000), JGR, 105, 579-594. [6] Shibazaki, B. (2008), JGR, 113, B08415. [7] Shibazaki, B. (2016), JGR, 121, 3099-3117. [8] Hasegawa, A. (2004), Earthquake, 56, 413-424.

キーワード：重力異常、地殻レオロジー、断層転位モデル
Keywords: gravity anomaly, crustal rheology, fault dislocation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖地震後の東北地方における局所的な歪速度の急激な減衰について
On the temporal decay of the localized strain rate in the Tohoku region after the Tohoku-Oki earthquake

*高田 陽一郎[1]、稲松 知美[2]
*Youichiro Takada[1], Tomomi Inamatsu[2]

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. 北海道大学大学院自然史科学専攻
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. Dept. Natural History Sciences, Hokkaido University

2011年3月11日，Mw9.0の東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震と呼ぶ)が発生した．歪集中帯や活断層のM9クラスの地震に対する応答を，密に配置されたGNSSの観測データを用いて調べた例は殆どなく，東北沖地震が初めての機会である．東北地方の脊梁山地においては，東北沖地震前(Miura et al., 2004)および地震後(e.g., Takada and Inamatsu, 2018)のいずれについても歪速度が局所的に大きいことが知られている．本研究では東北沖地震後の局所的な歪速度に焦点をあて，地震後のGNSS時系列とシンプルな数値シミュレーションを用いて，その駆動メカニズムを調べた．

GNSSデータ解析には国土地理院のGEONETを用いた．地震前・地震後ともに時系列解析により年周・半年周変動を除去し，速度場を求めた．ただし，地震後については速度の時間変化が大きいため，2年毎に期間を区切って推定した．こうして求めた速度場からShen et al (1996) の手法を用いて歪速度場を推定した．また，主に東北沖地震の余効すべりとアセノスフェアの粘性緩和に伴う速度場の長波長成分を2次関数を用いてモデル化し，これを除去することで地震後の歪速度の短波長成分を求めた．その結果，東北地方脊梁山地では東北沖地震後にパッチ状の負の面積歪速度（収縮）が見られ，その振幅は時間とともに急激に減衰することが明らかになった．

地震後に面積歪速度が急激に減衰する原因を調べるため，有限要素法ソフトウェアCOMSOL Multiphysicsを用いて以下の計算を行った．東北地方脊梁山地にはカルデラが集中して熱的に活発な地域が複数存在する(e.g., Yoshida, 2001; Takada and Fukushima, 2013)．一方，それを取り巻く領域はそれほど熱的に活発ではない．そこで，弾性体の媒質中にMaxwell粘弾性体からなる複数の楕円体を南北に配置し，内部の粘性率を小さく設定した．モデル領域全体に物体力として重力を与え，側方から重力による荷重を支えつつ東北沖地震に伴う1 MPaのステップ的な応力変化を与えた．計算結果から長波長成分を除去し，短波長成分の時間変化を調べた．まず，応力変化を加えた直後は媒質全体が弾性体として応答し，その後楕円体内部の粘性流動が始まる．やがて楕円体内部の粘性緩和が進むにつれて周囲の弾性体が多くの差応力を支えるようになる．局所的な歪速度の集中が見られるのは，この楕円体内部の流動が発生している期間のみであり，周囲の弾性体が全ての差応力を支えるようになると局所的な歪速度はほぼゼロになる．このように，外的な応力変化に対する地殻の応答を考える上で，低粘性領域の3次元的な結合は重要である．

キーワード：東北沖地震、GNSS、粘弾性
Keywords: Tohoku-Oki earthquake, GNSS, Viscoelasticity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Revisiting the Coseismic Slip Distribution of the 2011 Tohoku-oki Earthquake Considering Early Postseismic Deformation, Non-linear Viscoelasticity, and Heterogeneous Structure

*飯沼 卓史[1]、縣 亮一郎[1]、太田 雄策[2]、日野 亮太[2]、堀 高峰[1]
*Takeshi Iinuma[1], Ryoichiro Agata[1], Yusaku Ohta[2], Ryota Hino[2], Takane Hori[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東北大学大学院理学研究科
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. Graduate School of Science, Tohoku University

The 2011 Tohoku-oki earthquake produced large coseismic displacements that were detected by terrestrial and seafloor geodetic observations, namely, global navigation satellite systems (GNSS), GNSS-Acoustic (GNSS-A), and ocean bottom pressure (OBP) measurements. Previous studies constructed coseismic slip distribution models of the Tohoku-oki earthquake using the daily GNSS site coordinate time series, seafloor GNSS-A, and/or OBP data to estimate the coseismic displacements [e.g., Ito et al., 2011; Koketsu et al., 2011; Ozawa et al., 2011; Iinuma et al., 2012]. However, studies for these several years suggested that the coseismic displacements must include early postseismic deformation due to a low-viscosity zone beneath the Pacific plate that is necessary to explain terrestrial and seafloor postseismic crustal deformations [Sun et al., 2014; Freed et al., 2017; Suito, 2017]. This low-viscosity zone may not be persistent but could result in huge changes in stress resulting from the coseismic slip with reflecting non-linear rheology [Muto et al., 2018; Agata et al., 2019]. The effect of non-linear rheology is great immediately after a main shock. Therefore, coseismic displacements based on the daily site coordinate time series and GNSS-A measurements inevitably must include early postseismic deformation.

Thus, we derived “pure” coseismic displacements based on 1-Hz site coordinate time series at GNSS sites of the Geospatial Information Authority of Japan estimated by utilizing kinematic PPP (precise point positioning) analysis and based on 1-min average seafloor level time series at OBP sites. The residual displacements were obtained by subtracting the pure coseismic displacement from that based on the daily site coordinate time series. The data showed subsidence and trenchward motions in the entire Tohoku district. These broad deformations could not be explained solely by aftershocks nor by afterslip on the plate interface. Viscoelastic deformation that occurs immediately after the main shock is required to explain the displacement field. We present the results of our investigations into coseismic slip distribution and early postseismic deformation by applying Green’s function, which is calculated by considering the shapes of surface terrain and subducting slabs as well as heterogeneous thermal structures and power-law rheology.

References

Agata, R., et al. (2019). Rapid mantle flow with power-law creep explains deformation after the 2011 Tohoku mega-quake. *Nat. Commun.*, in press.

Freed, A. M., et al. (2017). Resolving depth-dependent subduction zone viscosity and afterslip from postseismic displacements following the 2011 Tohoku-oki, Japan earthquake. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 459

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

, 279-290, doi:10.1016/j.epsl.2016.11.040.

Iinuma, T., et al. (2012). Coseismic slip distribution of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M9.0) refined by means of seafloor geodetic data. *J. Geophys. Res.*, **117**, B07409, doi:10.1029/2012JB009186.

Ito, T., et al. (2011). Slip distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from geodetic data, *Earth Planets Space*, **63**, 627-630, doi:10.5047/eps.2011.06.023.

Koketsu, K., et al. (2011). A unified source model for the 2011 Tohoku earthquake. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **310**, 480-487, doi:10.1016/j.epsl.2011.09.009.

Muto, J., et al. (2018). Nonlinear mechanical coupling between viscoelastic relaxation and deep afterslip in the post-seismic deformation of the 2011 Tohoku-oki earthquake. Abstract SCG57-30, presented at *JpGU Meeting 2018*, Chiba, Japan, 20-24 May.

Ozawa, S., et al. (2011). Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake. *Nature*, **475**, 373-376, doi:10.1038/nature10227.

Suito, H. (2017). Importance of rheological heterogeneity for interpreting viscoelastic relaxation caused by the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Earth Planets Space*, **69**, 1, doi:10.1186/s40623-017-0611-9.

Sun, T., et al. (2014). Prevalence of viscoelastic relaxation after the 2011 Tohoku-oki earthquake. *Nature*, **514**, 84-87, doi:10.1038/nature13778.

キーワード：2011年東北地方太平洋沖地震、余効変動、非線形粘弾性
Keywords: The 2011 Tohoku-oki Earthquake, Postseismic deformation, Power-law rheology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ

ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、

4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明
Three-dimensional imaging of geo-fluid distribution at NE-Japan forearc using wideband magnetotelluric measurements

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3]
*Masato Fukai[1], Yasuo Ogawa[1], Kuo Hsuan Tseng[1], Masahiro Ichiki[2], Shinichi Takakura[3]

1. 東京工業大学、2. 東北大学、3. 産業技術総合研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

東北日本弧において，ユーラシアプレートに沈み込む太平洋プレートは古くて厚いため低温であり，バサルトーエクロジャイト相転移は深度100km程度で起こる．脱水反応で放出された水は蛇紋岩を形成し，それによって深部まで運ばれる．深度150km程度で蛇紋岩は分解し，水は浮力によりマントル内を上昇する．そのため，東北日本前弧ではスラブの鉱物脱水によって生じた水の上昇は存在しないと考えられている（Kazahaya et al.,2014）．これとは対照的に，東北日本前弧の地震トモグラフィー（Zhao et al.,2014）は，”Water wall”と呼ばれる，スラブからの上昇する流体を示唆する低速度領域を解析している．本研究では、北上山地におけるマグネトテルリック観測により，前弧の上昇する流体分布を3次元電気伝導度構造から拘束することを目的とした．我々のモデルでは，深部からの流体の上昇を示す低比抵抗の分布は，Zhao et al.(2014)のP波低速域に対応して解析されていない．しかし，鉛直状の低比抵抗は火山フロントから前弧に向かって解析された．導体は火山フロントの30 km東の10-40 kmの深さに広がっている．この低比抵抗は，低速度領域の分布とよく一致しています（Zhao et al.,2014; Okada et al.,2015）．火山フロントの東の低比抵抗は，最上部マントルから中部地殻までほぼ垂直に連続している．したがって，これは，マントルフローに乗った流体が前弧の最上部マントルまで到達し，地殻内に流体を放出していることを示している可能性がある．

キーワード：地殻流体、東北日本前弧、地磁気地電流法
Keywords: geofluid, NE Japan forearc, magnetotelluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造
Elastic wave velocity and electrical conductivity in brine-saturated rocks and microstructure of pores

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1]
*Arina Tomioka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. University of Toyama

Geophysical mapping of fluids is critical for understanding crustal processes. Seismic velocity and electrical resistivity structures have been studied to reveal the fluid distribution. However, the fluid distribution has been still poorly constrained. Observed velocity and resistivity should be combined to make a quantitative inference on fluid distribution. The combined interpretation requires a thorough understanding of velocity and resistivity in fluid-saturated rocks. We have made measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity in brine-saturated rocks under confining pressures, and examined pore structures with SEM.

Measurements and microstructural observations were made on granites (Aji, Kagawa Pref., Ohshima, Ehime Pref.), granodiorite (Enzan, Yamanashi, Pref.) and tonalite (Kadohara, Fukui Pref.). Cylindrical rock samples (D=26 mm, L=30 mm) were filled with 0.1 M KCl aqueous solution, and velocity and conductivity were simultaneously measured by using a 200 MPa hydrostatic pressure vessel. The pore-fluid was electrically insulated from the metal work by using plastic devices. The confining pressure was incrementaly increased up to 150 MPa, while the pore-fluid pressure was kept at 0.1 MPa. It took 3 days or longer for the electrical conductivity to become stationary after increasing the confining pressure.

Rock samples showed moderate increase in velocity and large decrease in conductivity under confining pressures. Electrical conductivity steeply decreased at low pressures (<20 MPa) and then showed gradual decreases. Grain boundary cracks are pervasive in rock samples. The increase in velocity and decrease in conductivity at low pressures must be caused by the closure of grain boundary cracks with small aspect ratios ($<10^{-3}$). SEM images show that the aperture of a grain boundary crack varies along its width. Large aperture parts can be open even under high pressures to be conduction paths. The difference in conductivity at high pressures must reflect the difference in the amount of large aperture parts.

キーワード：地震波速度、電気伝導度、流体
Keywords: Elastic wave velocity, electrical conductivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1]
*Katazakai Haruka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

Transport properties such as electrical conductivity and permeability are sensitive to the connectivity of pores. Pore structure in granular materials varies with the shape and size distribution of grains. In order to understand the influence of the shape and size distribution of grains, electrical conductivity and permeability were measured on granular materials saturated with 0.1 mol/L KCl aqueous solution. Spherical glass beads and oblate quartz sand of various sizes were employed. The ratio of conductivity to porosity was significantly higher in glass beads than in quartz sand. This observation suggests that a higher connectivity of pore is established in glass beads than in quartz sand. The influence of the size distribution of grains was studied on mixtures of small (D=0.2 mm) and large (D=1 mm) glass beads. The porosity deceases from 36% to 22% as the fraction of large grains increases 0% to 60%. Electrical conductivity decreases with decreasing porosity, while permeability shows a small decrease. As the fraction of large grains increases from 60% to 100%, the porosity increases from 22% to 36% and permeability increases by around 2 orders of magnitude. This change suggests that the pore size steeply increases as the fraction of large grains increases from 60%, since permeability strongly depends on the size of pores. X-ray micro CT observation was conducted to examine pore structure.

キーワード：電気伝導度、浸透率、空隙
Keywords: conductivity, permeability, pore

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1]
*MAREMICHI ABE[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

The influence of axial compression on the connectivity of pores in granular materials was studied. Electrical conductivity and compressional wave velocity were simultaneously measured on brine-saturated granular materials under uniaxial compression. Spherical glass beads and oblate quartz sand were employed. X-ray micro CT was conducted on granular materials impregnated with epoxy resin to examine microstructure of pores. Compressional wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing axial stress. When the axial stress was increased from 0 to 5 MPa, compressional wave velocity increased by around 12% in both materials and electrical conductivity decreased by 0.7 and 1.7% in glass beads and quartz sand, respectively. The increase in compressional wave velocity must reflect the increase in contact area between grains, which was observed with X-ray micro CT. The decrease in conductivity must be caused by the decrease in connectivity of pores. X-ray micro CT images show that the connectivity of pores is easily lost under axial compression in quartz sand owing to its oblate shape.

キーワード：粒状物質、空隙、電気伝導度
Keywords: granular material, pore, electrical conductivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1]
*Shun Suzuki[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

South Fossa Magna is understood as a site where the Izu-Bonin arc on the Philippine Sea plate collides with Honshu arc, and it is the only arc-arc multiple collision zone in the world. Maruyama (2008) reported deformed conglomerate outcrop accompanied by cataclastic flow in the Hamaishidake Formation (late Miocene to Pliocene). Report of them in the collision zone is not limited to the Fujikawa area, but from the Ashigara Group and from the Erimo Formation in the Hidaka collision zone of Hokkaido (Uda, 1976), have been reported. In this study, various analyzes were performed on deformed conglomerates found in the Fujikawa area, and the cause (temperature / pressure condition) and the position in the collision zone were clarified, it aimed to restrict the multiple collision phenomenon and the deformation environment of trench fill sediments.

[Outcrop outline]
It is revealed that the deformed conglomerate outcrops occurred in the geologic body (Fujikawa Shear Zone) which makes a high dip zone in the direction of NW-SE, and they are modifying the initial NS system folding. The long axis direction of the gravel showing N40W trend and the shear fabric of the gravel showing sinistral sense.

[Paleo stress analysis by multiple inverse method]
The result of the MIM analysis (Yamaji et al., 2011) using the slip data of the gravel fault plane with the flow deformation mode shows ENE-WSW compression, which is not consistent with the current Philippine Sea plate motion.

[Restrictions on forming environmental condition of deformed conglomerate]
We tried to guess the maximum heat temperature of the geological body using the carbonaceous material Raman spectrum (Kouketsu et al., 2014), and examination of the differential stress level using the internal strain of the quartz (Takagi et al., 1988). As a result, it is revealed that deformed conglomerate outcrops heated only 150℃ or less, and the maximum heated temperature is rising toward the lower formation of Hamaishidake Formation. When the geothermal gradient is estimated by layer thickness conversion, the value such as 4~5℃ / 100 m is restored, and the depth at which the 150℃ heating can be recorded is about 3~4 km. That is, the deformed conglomerate is found to be a product under shallow and low temperature conditions. On the other hand, the estimated differential stress value is 50-100 MPa, which is strongly deformed despite being a shallow deformation.

[Discussion]
As for the ENE-WSW compression obtained from cataclastic flow slip data, it can not be explained with only the motion of the Philippine Sea plate. If these as deformation events after the deposition age limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(about 5 Ma) of the Hamaishidake Formation, it is necessary to consider the influence of E-W compression from around 3 Ma (Takahashi, 2006) or the ENE movement of Amur Plate (Komatsubara, 2015), and it means that the tectonics are not only dominated by the Philippine Sea plate. Considering trench fill sediment objects in the Fujikawa Valley as accretionary bodies, since deformed conglomerate occurs near the boundary fault of the middle and upper strata of the Fujikawa Group, it may be a deformation near the Mega Splay Fault branching from the plate boundary fault at the Tanzawa block collision stage. In addition, considering the usual crustal strength (Byerlee, 1978), theoretically it is not possible to record a differential stress value of 100 MPa at 4 km underground. However, according to the data of drilling at the plate boundary Nankai Trough (Hamada et al., 2018), it is pointed out that the differential stress value rises in the Accretionary prism and reaches nearly 100 MPa. In other words, in the geological body near the plate boundary, it is predicted that the crustal strength is large and it is placed in the high differential stress state also in the subsurface shallow part, and the deformed conglomerate is considered to be a product in such a place.

キーワード：南部フォッサマグナ、多重衝突帯、変形礫岩、断層岩のレオロジー
Keywords: South Fossa Magna, Multiple collision zone, Deformed conglomerate, Rheology of fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections

*Thomas Jing Yi Yeo[1], Toru Takeshita[1]

1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

The Japan Median Tectonic Line (MTL) is the longest fault system in Japan where it spans from Kyushu Island and extends towards the north east direction up until Ibaraki Prefecture. It has been an active strike slip fault since the Mid-Cretaceous period, which was originally formed as the southern marginal shear zone in the Ryoke belt (e.g. Hara et al., 1980) leading to the formation of mylonite and superposed by cataclasite at the core region.

This study aims to identify the kinematic history of the fault plane and its effect on the cataclastic rocks from a 3D viewpoint. The fieldwork was conducted in the hanging wall section of the MTL in Mie Prefecture, Japan. The hanging wall of the MTL in the study area is characterized by Creataceous Ryoke granitic rocks which was deformed into mylonitic rocks and was later overprinted by cataclasite at the proximal region. The main objective of this project is to identify and relate the kinematics of the MTL and physical conditions during the formation of the cataclasite.

From the thin sections observations, the grain size reduction of the mylonitic clasts was observed and was related with cataclasis. The cataclasite formed at the brittle fault zone enables chemically rich fluids to penetrate. This promotes the growth of foliated phyllosilicate minerals mainly muscovite from the alteration of presumably feldspars. Microstructural features such as riedel shears with C’ -type shear band fabric assist in indicating the sense of motion. Fracture densities and distributions are also quantified in all of the three sides of the sample in order to obtain a clearer view on the brittle properties.

Also, based on the crossed cutting relationship seen in the microstructures of the sample, a schematic deformation history of the sample was constructed. The MTL begins with a sinistral shear sense which causes the mylonitisation of the Ryoke granitoids. Upon the cooling of temperature, cataclasite was formed and transpression of the shear zone causing pressure solution seams to be precipitated which resulted in the formation of phyllonite. Lastly, a late stage reactivation of the pressure solution seams caused faulting to occur.

Furthermore, using the rake angle of the C’ and S fabrics of the Riedel shears, measured from the thin sections representing the different sides of the sample, the orientations of both the C’ and S planes could be reconstructed and plotted as a stereographic projection with values of [278/ 48N] and [124/ 82SW] respectively. The XZ plane which is 90˚ away from the intersection point of C’ and S planes has an orientation of [031/ 67SE]. By assuming plane strain and with the assistant of the software StrainSim v3, the simple shear strain, γ=0.73, the angular shear, Ψ=36˚ and material internal friction angle, Φ= 56˚. Similarly, the principle stress orientations are found to be at [62˚→158], [23˚→301] and [15˚→037] for σ_1, σ_2 and σ_3 respectively. By combining all the relationships mention above, the motion sense of the fault was identified as the NE block moving NW and downwards with a more dominant dip slip component. This dominant dip slip movement of the fault could be potentially related to the normal faulting movement of the MTL during the Ichinokawa Phase at 63-58Ma.

Moreover, the electron backscatter diffraction (EBSD) analysis of the sample is currently being conducted

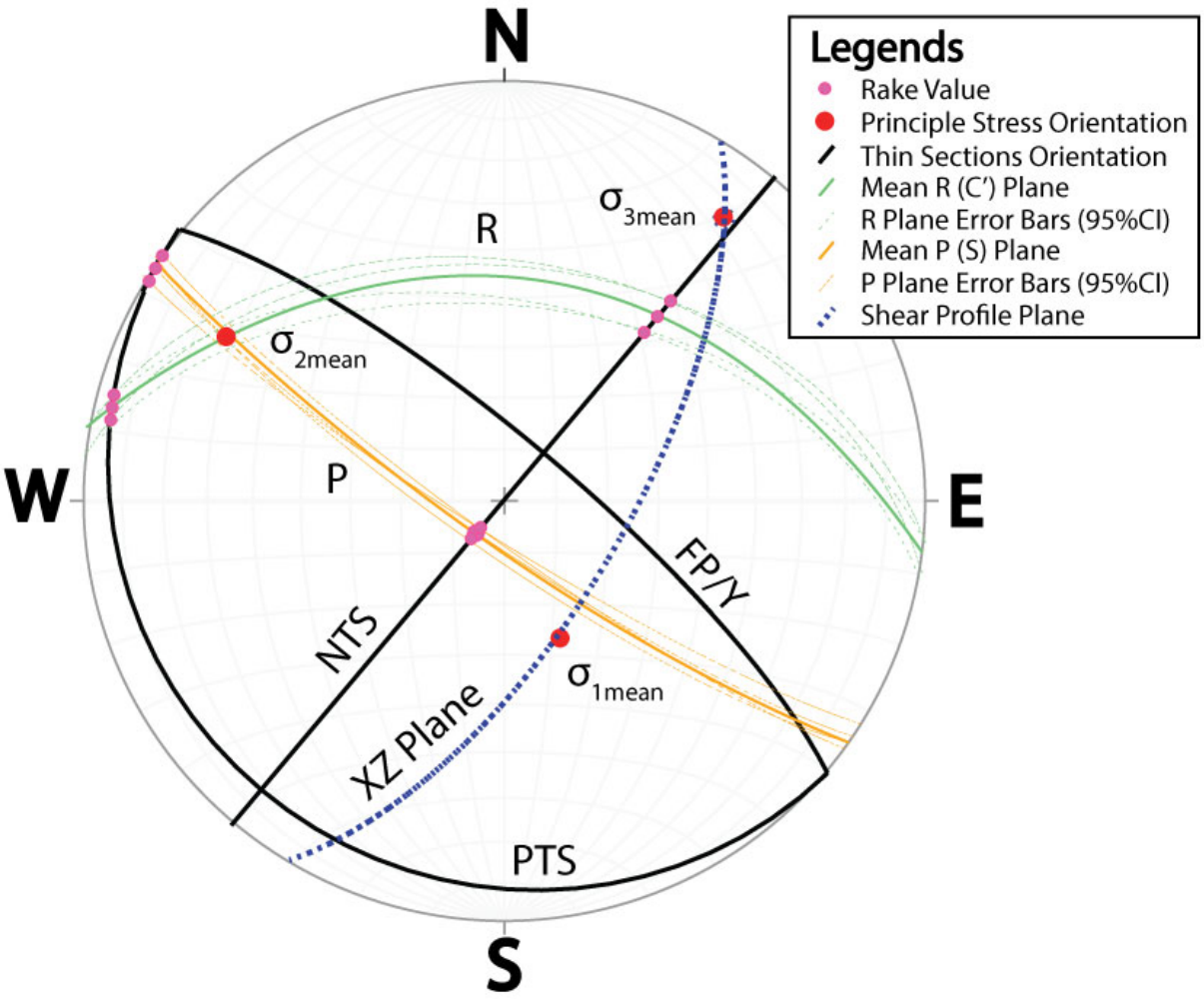
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

to analyse the distribution of the quartz’ s and calcite’ s C-axis fabric.

References

Hara, I, Shyoji, K., Sakurai, Y., Yokoyama, S., Hide, K., 1980. Origin of the Median Tectonic Line and its initial shape. *Memoirs of the Geological Society of Japan*. No. 18, 27–49.

Keywords: Median Tectonic Line (MTL), Cataclasite, Pressure Solution Seams, Shear Zone, Fractures, Kinematics



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例
Relationships between spacing and growth or linkage of normal faults in the Miyako Island, South Ryukyu arc, Japan

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1]
*Sumire Maeda[1], Makoto Otsubo[1], Daisuke Asahina[1], Yuki Furuno [1]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan/AIST

断層群において相互作用及び連結の発生する距離を推定することは，断層帯の長期評価をする上で重要な課題の1つである．地震調査推進本部は主要活断層帯の長期評価をするにあたり，松田(1990)の起震断層の設定基準を用いて，5 km以内に分布する活断層をまとめて1つの起震断層として仮定し，その断層長から将来発生する可能性のある地震規模を見積もっている．しかし，活断層が活動することにより，断層長が将来的に変化する可能性があるため，断層の時空間的変化を評価に資する多角的な指標の導入が必要である．

断層が相互作用する距離を規定する要因として，応力摂動（Coulomb shear stress：Sc）の大きさが挙げられる（Soliva et al., 2006; Fossen and Rotevatn, 2016）．Soliva et al.（2006）は，断層群において，断層間の距離及び応力摂動の値を調べた．その結果，断層が活動した際に，隣接する他の断層のStress shadow（Sc＜0）領域に断層端が入ることで連結が起こると指摘した．このStress shadow領域の大きさは断層が存在する層厚に関係している．メカニカルレイヤー内で同じ傾斜方向を持つ正断層が発達する場合，初期段階では，ランダムに分布した断層群が伝播・連結することにより，断層の伸長・連結が飽和状態となり，断層発達の最終段階として，断層群が規則的な間隔分布を示すと考えられている（Soliva et al., 2006）．上記から，飽和状態となった断層間の距離及び応力摂動の値を推定することで，断層が存在する層厚や，断層の連結の可能性を検討できると考えられる．

断層間の距離及び応力摂動の値から断層の連結の可能性を検討するために，沖縄県宮古島市を研究対象地域として調査及び解析を行なった．宮古島には，異なる走向をもつ3つの断層群が存在しており，それらの断層間距離がほぼ規則的であることがわかった．本講演では，宮古島に存在する断層群の断層間距離と応力摂動の値を見積もり，断層の連結に関して検討した結果について紹介する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例
3D fault architecture along the Median Tectonic Line, eastern Kii Peninsula, SW Japan

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4]
*Norio Shigematsu[1], Takuma Katori[1,2], Jun Kameda[3], Ayumu Miyakawa[4]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 新潟大学自然科学研究科、3. 北海大学大学院理学研究院、4. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Department of Natural History and Sciences, Hokkaido University, 4. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

内陸断層の深部，脆性–塑性遷移付近における変形の不均質は，地震発生を含む断層挙動に強い影響を与えている可能性がある．この影響を理解するためには，詳細な断層深部構造の情報が不可欠である．本研究では，紀伊半島東部の中央構造線を例に，削剥断層の地質調査に基づき三次元断層内部構造を明らかにすることを試みた．

三次元構造把握に必要な正確な位置情報は，無人航空機で撮影した写真に SfM (structure from motion)，MVS (multi-view stereo)の計算を行うことと，GNSS (Global Navigation Satellite system)測量を組み合わせることで取得した．さらに微細構造，鉱物の化学組成，走査型電子顕微鏡後方散乱電子線回折 (SEM-EBSD) を用いた石英の結晶方位に関する解析を行うことで，岩石の変形の特徴を明らかにした．これらの変形の特徴を，位置座標に基づき内挿し3D-CAD を用いて三次元モデルを構築した．

モデルでは，岩相境界としての中央構造線はほぼ完全な北傾斜の平面である．断層帯の内部構造は大きく2つに分かれる．1つは左横ずれのマイロナイト・カタクレーサイトを含む構造であり，もう1つは右横ずれの鱗片状カタクレーサイトなどを含み，さらに岩相境界付近の若い構造を含むものである．後者の構造は前者の構造を切っており構造形成の順序を示している．

鱗片状カタクレーサイトは中央構造線近傍のみに現れ，緑泥石の配列で特徴づけられる強い面構造を持つ．鱗片状カタクレーサイト内の緑泥石のモード組成は，周囲の領家帯起源の岩石に比べ高く，また圧力溶解シームがよく発達している．緑泥石温度計 (Bourdelle et al., 2013) に基づくと300 ℃付近での変形が示唆される．

左横ずれの構造の変形は，450 ℃付近で変形したマイロナイト (高温マイロナイト) から，300℃付近で変形したマイロナイト (低温マイロナイト)，300℃付近で変形したカタクレーサイトへと変化し，脆性–塑性遷移を記録した構造であることが示唆される．特徴的な構造として，幅 10 m 程の黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯がある．この互層帯のカタクレーサイトは黒色で強い面構造を示す．また互層帯のウルトラマイロナイトの石英結晶方位分布はほぼランダムである．この黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯は現在の削剥レベルが脆性–塑性遷移にあったときの断層変形の中軸部であったと考えられる．

キーワード：断層内部構造、脆性–塑性遷移、中央構造線、マイロナイト、カタクレーサイト
Keywords: Fault Zone Architecture, Brittle–Plastic transition, the Median Tectonic Line, Mylonite, Cataclasite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー
Significant of thrust zone at Fuji river basin in the South Fossa Magna, Southern Yamanashi Prefecture, Central Japan
-Study of Structural geology of Minobu and Neguma fault-

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1]
*Minami Madoka[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 国立法人新潟大学理学部地質科学科
1. Niigata university department of geology science

南部フォッサマグナ地域において，主要活断層と認定された身延断層をはじめ，糸魚川静岡構造線（以下ISTL），富士川河口断層帯（FUK）などの活断層がある．この地域は西南日本弧への伊豆-小笠原弧の衝突・付加の場である為，日本列島の形成を明らかにする上で，大変貴重である．本研究地域には，過去の衝突地塊によって形成されたトラフを充填した堆積物である，富士川層群が主に分布している．

本研究で着目した身延断層は，ISTLとFUKの間の活断層空白域において，接続する可能性が非常に高いとされており，近年，地形学的な活断層として，左横ずれセンスを示す結果が出されている．（水本，2016）しかしながら，身延断層北部では，新第三系の基盤との層序差が6000m以上であり，未固結の河床礫に衝上していることから，逆断層成分が多いと予想される．

今回，山梨県南巨摩郡南部町地域の地表踏査において，新たな断層露頭を確認，記載するとともに，身延断層をその走向と運動像からセグメントⅠ，Ⅱに分け，セグメントⅡから分岐する根熊断層と共に，応力解析，XRD分析を行った．

セグメントⅠでは，NW-SE走向NE・SW傾斜の断層系が発達し，セグメントⅡでは，NNW-SSE~NW-SE走向W傾斜の断層が多い．露頭内での砂岩岩片の隔離から左横ずれと判断した．身延地域全データからは，E-W圧縮の横ずれ応力場が検出された．根熊断層地域（以下，根熊地域）では，断層面の姿勢の ばらつきが多く，従来言われてきたNW走向W傾斜のデータのみを抽出すると，E-W圧縮の逆断層応力場とN-S圧縮の横ずれ応力場が検出され，前後関係を明らかにする必要がある．

また，身延断層系では，XRD分析より，緑泥石（Chl），カオリナイト（Kln），スメクタイト（Sm），イライト（Ill）が含まれており，NW-SE走向NE傾斜の断層はIll以外の上記三種が入っていた．根熊地域では，身延断層系と特異的な差として，Chl・Sm混合層と沸石類が入っていた．また，山崎（2012）ではカタクレーサイトを記載していることから，根熊断層は身延断層よりも深部での，言い換えるとより古期の活動があったと推測される．

本発表では身延断層，根熊断層の運動像と周辺の地質構造との関連に基づき，南部フォッサマグナにおける両断層帯の形成機構と構造発達史について議論する．

キーワード：南部フォッサマグナ、活断層、糸魚川静岡構造線、富士川河口断層帯
Keywords: South Fossa Magna, active faults, Itoigawa Shizuoka Tectonic Line, Fujikawa Kako Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

Mineralogical characteristics of fault rocks in the aftershock regions of the 2000 Western Tottori earthquake and its spatial distribution

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1], Hideki Mukoyoshi[2], Kenta Kobayashi[3], Toru Takeshita[4]

1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 島根大学大学院自然科学研究科、3. 新潟大学大学院自然科学研究科、4. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 3. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 4. Graduate School of Science, Hokkaido University

2000年10月6日鳥取県西部にて*Mw*6.6の地震が発生した．本震は左横ずれ成分が卓越しており，震央は35.269 ˚N・133.357 ˚Eに位置していた．本震の破壊過程および滑り分布は地震時の強振動データおよび測地データから推定されており，本震の破壊は主に余震域の南部で発生したと報告されている．また，Yukutake et al. (2007) は余震のメカニズム解から本震前後の応力場を推定し，余震域の南部は北部や中央部に比べて摩擦的に非常に弱かった可能性があることを指摘している．しかし，断層物質の物性値の空間的均質性に着目して本震・余震の滑り挙動の地域性を理解しようとする試みはほとんど行われていない．

岩石の鉱物組成はその物性値を支配しうる要素の一つであり，一般的には摩擦的に弱い鉱物量が増えるほど断層岩の摩擦係数は劇的に減少する．よって，2000年鳥取県西部地震の余震域における滑り挙動の空間異方性を理解するためには，断層岩の鉱物組成の空間分布を明らかにすることが必要である．本研究では，余震域の北部・中部・南部に露出する14の断層露頭から100を超える岩石試料を採取し，粉末化した岩石に内部標準を加えた試料についてXRD分析を行った．得られたプロファイルを，鉱物定量解析ソフトRockJockを用いて解析することで，各試料の鉱物組成を定量的に推定した．その結果，破砕の影響を受けていない周囲の母岩はほとんどが花崗岩であり，採取した地域によらず同じような鉱物組成（主に石英・長石）を持つことがわかった．一方，断層岩の鉱物組成は明確な地域依存性を示し，北部ではハロイサイトの増加とカリ長石の減少，中部ではイライトの増加とカリ長石・斜長石の減少，南部ではハロイサイトの増加と斜長石の減少が確認された．これらの解析結果をもとにして各地域における代表的な断層岩を選定し，摩擦実験を行って摩擦強度やその速度依存性を調べることで，2000年鳥取県西部地震余震域における摩擦特性の空間分布を明らかにできると考えられる．また得られた物質科学的なデータを観測データと組み合わせることで，2000年鳥取県西部地震の本震・余震の滑り挙動の空間異方性に関する理解をさらに深めることが期待される．

キーワード：2000年鳥取県西部地震、断層岩、鉱物組成、XRD分析
Keywords: The 2000 Western Tottori earthquake, Fault rock, Mineral composition, XRD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係
Relationship between seismicity of the 2016 the Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2]
*Masayuki Ichimura[1], Hideki Mukoyoshi[2]

1. 島根大学自然科学研究科、2. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 2. Department of Earth Science, Shimane University

The 2016 Central Tottori Earthquake (M6.6) occurred on October 21. The epicenter was Central Tottori and depth of hypocenter was 11km. Earthquake source fault was determined to be left-lateral strike fault developed NNW-SSE direction with WNW-ESE directional maximum principal stress axis. In the region, active fault related to the earthquake was not recognized. Although clarification of the occurrence of faults such strain concentration zone is important, there are no reports about detail field outcrop investigation in the area of this earthquake.
The aim of this study is to reveal relationship between seismicity of the 2016 Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area based on field investigation and description of microstructure of the faults.

In this study area, late Cretaceous-early Paleogene medium-coarse-grained biotite granite is mainly distributed.

As a result of this study, total of 190 faults were observed in the aftershock area. Orientation of faults developed in NNW trending aftershock area were concentrated in NNW. On the other hand, faults in eastern part of aftershock area shows N-S~NE trend. Three-directional striation on the fault plane was observed in the aftershock area and only cataclasite was developed. The fault (strikes NNW) had horizontal striation was confirmed. P-foliation was observed in this fault rocks under the microscopic observation and indicated left-lateral strike slip.

The fault that had experienced strike slip, and shear sense consistent with earthquake source fault was confirmed. This result indicates that this fault had moved in the present stress field. According to previous study related to 2000 Western Tottori Earthquake, it is suggested that NNW trending fault system developed in southern part of the aftershock area was weaker than the surrounding area. With comparing these result, fault system in aftershock area of the 2016 Central Tottori Earthquake also might be weaker faults due to the orientation of faults correspond with the Y surface of the earthquake source fault.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

History of fault activity considered from the brittle shear zone and the geological structure near the Cape Otachi, Kumamoto Prefecture

*小柏 景司[1]、小林 健太[1]
*Keiji Ogashiwa[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata University

【はじめに】

日奈久断層帯は九州西部に位置し，おおよそ北東一南西方向に81km延びる活断層帯である．日奈久断層帯は東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層とされる[URL]．日奈久断層帯の破砕帯は肥後変成岩類分布域の娑婆神峠と下部白亜系分布域の御立岬付近の2か所で報告されている（松本・勘米良，1964）．娑婆神峠の破砕帯の中軸部は右横ずれ，外縁部では左横ずれを示す（小林・小柏，2016）．また，日奈久断層帯に平行な地質断層が見かけ左横ずれ断層である（斎藤ほか，2005）．これらのことは日奈久断層帯が過去に現在とは異なる運動像で活動していた可能性を示唆する．

破砕帯の解析と破砕帯周辺の地表踏査を行うことは，断層帯の活動史を解明するために重要である．また，九州は西南日本弧と琉球弧の会合部にあたる重要な地域であるため，日奈久断層帯の活動史を解明することは，島弧会合部のテクトニクスの理解に繋がる．本研究では，熊本県南部御立岬付近に見られる脆性剪断帯と地質構造から日奈久断層帯の活動史を解明することを目的として，地表踏査，断層岩の組織観察，XRD分析，小断層解析などを行う．

【地表踏査】

御立岬周辺の地表踏査の結果，下部白亜系日奈久層中で破砕帯を構成する小断層を観察し，断層の走向と運動像，切断関係から4系統に大別した．北北東一南南西走向の左横ずれ断層をF1，北北東一南南西走向の右横ずれ断層をF2，北北西一南南東走向の左横ずれ断層をF3，東西走向の右横ずれ断層をF4とした．F2はカタクレーサイトからなる脆性剪断帯中に見られる小断層群である．F1は脆性剪断帯の外側で見られ，一部は幅5cmの面状カタクレーサイト帯を形成する．F3とF4は互いに切断し合う小断層群である．F3は後述の岩脈群を変形させる．F4は脆性剪断帯を切断する．

断層以外では，脆性剪断帯の南東側に東北東一西南西方向のヒンジをもつ褶曲群を認定した．また，脆性剪断帯の東側に東北東一西北西走向が卓越する安山岩質岩脈群が観察された．F3よる岩脈の切断・屈曲，F3沿いに岩脈が注入する産状を確認した．この岩脈群は天草地方の新第三紀の貫入岩類と関係があるとされる（松本・勘米良，1964）．

【多重逆解法（山路，1999）による小断層解析】

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

F1から北北西ー南南東方向の圧縮応力場，F2から東北東ー西南西方向の圧縮応力場，F3とF4から北西ー南東方向の圧縮応力場を検出した．

【変動ステージ区分】

御立岬周辺で観察された断層・火成岩脈・褶曲の形成時期を，切断関係より求めた応力場にから，3つの変動ステージに区分し，古い方からD1，D2，D3とした．

D1では，北北西ー南南東方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の左横ずれ断層（F1）が活動した．圧縮軸方向を考慮すると，東北東ー西南西方向の褶曲軸をもつ褶曲群はD1で形成したと考えられる．

D2では，東北東ー西南西方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の右横ずれ断層（F2）が活動し，幅の広い脆性剪断帯を形成した．

D3では，北西ー南東方向の圧縮応力場で，北北西ー南南東走向の左横ずれ断層（F3）と東西走向の右横ずれ断層（F4）が活動した．

岩脈の屈曲やF3沿いに注入する産状は岩脈が未固結時にF3による変形を受けたことを示していると考えた．上記のような産状を考慮して，岩脈群はD2末期からD3初期までの間に貫入したと考えた．

【引用文献】

斎藤ほか，2005，八代及び野母崎の一部（20万分の1地質図幅），地質調査総合センター．松本・勘米良，1964，日奈久地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所．山路敦，1999，多重逆解法：複数の応力を検知する小断層解析の新手法，構造地質，no.43，79-88.

[URL]地震調査研究推進本部事務局，布田川・日奈久起震断層，

https://www.jishin.go.jp/main/oshirase/2016kumamoto.html

キーワード：日奈久断層帯
Keywords: Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その1
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.1 - Overall plan and current situation at Shionohira Fault -

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1]
*Kazuhiro Aoki[1], Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

「ごく最近動いた断層（以下活動区間と呼ぶ）」の近傍に「今後動く可能性のある断層（以下非活動区間と呼ぶ）」がある場合,「今後動く可能性のある断層」と「ごく最近動いた断層」とでは応力状態に違いがあり，両断層には”活動しやすさ”に違いあると想定される．しかし，現在の原子力規制基準の考え方においては、断層の連動性に関する知見の不足から安全側に一連の断層として評価している。

筆者らは，非活動区間が断層活動を生じた場合に，活動区間も含めて一連の断層として本当に動くのかを明らかにするため，断層活動性評価手法の開発を目指し,活動区間と非活動区間との違いに着目した調査・分析を実施している．

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって，いわき市田人町旅人滑石から石住綱木北西に至る約14kmの区間に，北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した．この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された．4.11地震による地表地震断層は，井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる．今泉ほか（2018）によれば，確認された地表地震断層以南においていわき市旅人滑石から川部町佐倉西方まで，山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが，この区間に地表変位は現れなかった．本報告では，塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間，塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間としている．

筆者らは，塩ノ平断層及びその南方延長部を対象として調査を進めており，これまで露頭調査結果（亀高ほか2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか2015，2016）について報告しており，現在は原位置における応力状態を把握するために断層スリップ試験を実施している．今後，調査結果に基づき，断層破砕部の岩組成，応力状態，断層の最大静止摩擦力，間隙水圧等の関係から断層が活動する際の挙動解析を行う予定としている．本講演では，調査計画の全体概要及び断層スリップ試験の詳細について報告を行う．

断層スリップ試験では,試錐で確認した地下の割れ目の上下にダブルパッカーを掛け地上から高圧の水を注入して割れ目のずれを人工的に発生させ，その3次元変位量（マイクロメータからミリメーター）を測定できる装置および手法を用いる。本装置はSIMFIP (Step-rate Injection Method for Fracture In-situ Properties) probe と命名された（Guglielmi et.al. 2013）。本プローブおよび手法は、フランスにおけるCO_2の地中貯蔵研究のためにGuglielmiによって設計製作され、フランス南部の地下研究施設（LSBB）で最初に適用された（Guglielmi、et.al. 2015）。その後フランスのTournemire、スイスのMont Terri、米国サウスダコタ州の金鉱山跡などの地下研究施設における断層を対象に原位置試験が実施されている。本装置は、ダブルパッカーで区切られた区間の間隙水圧を高めることにより断層のずれを発生させ、その3次元のずれ量を定量的に測定することができ、地下水、石油、CO2、放射性廃棄物など地盤中のリークが問題となる現象の解明に役立つ。ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法であり、断層帯の摩擦と応力状態の推定が可能であることから、断層周辺の水理・力学の連成現象を理解するための手法として地震発生メカニズムの解明にも役立つものと筆者らは考えている。なお、本装置を使った原位置注水実験は日本での適用は初めてであり、活断層を対象にした原位置試験としては世界初である。

キーワード：SIMFIP、塩ノ平断層、活断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP, Shionohira fault, active fault, Fukushima Hama-dori earthquake, fracuter zone characteristics, injection experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２ －塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果－
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.2 - Injection experiment using a SIMFIP probe at Shionohira Fault and southern fault-

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1]
*Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuhiro Aoki[1], Yves Guglielmi[2], Paul Cook[2], Florian Soom[2], Wakahama Hiroshi[3], Noujou Haruka[3], Etsuo Iwasaki[3], Masao Kametaka[3], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. ローレンスバークレー国立研究所、3. ダイヤコンサルタント
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Laurence Berkley National Laboratory, 3. DIA CONSULTANTS

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって、いわき市田人町石住綱木北西から旅人滑石に至る約14kmの区間に、北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した。この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された。

4.11地震による地表地震断層は、井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる。今泉ほか（2018）によれば、確認された地表地震断層以南において滑石から川部町佐倉西方まで、山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが、この区間に地表変位は現れなかった。本報告では、塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間、塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間と考える。

著者らは4.11地震による活動区間と非活動区間との違いに注目した調査・研究を進めており、これまで露頭調査結果（亀高ほか，2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか，2015，2016、Seshimo, et. al., 2016) について報告している。活動区間及び非活動区間の破砕帯の水理特性に着目し、ボーリング孔内で行ったSIMFIP法（Guglielmi et al., 2013）による原位置試験の結果を比較する。

SIMFIP（The Step-Rate Injection Method for Fracture In-situ Properties）法は、破砕帯周囲の水圧を高め、断層の周囲をわずかに動かし、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法である。圧力と変位データの結合解析により、断層帯の応力状態の推定が可能である。

調査地点は、活動区間としては地表変位が確認された塩ノ平地点、非活動区間としてはリニアメントが確認されているが地表変位が認められなかった水上北地点を選定した。

塩ノ平地点では、地表下30mまで鉛直ボーリング掘削を行い、深度15.11m～15.60mにおいて断層破砕部を確認した。SIMFIP試験は、健岩部の基礎データを取ることを目的とした地震断層上部に分布する第三紀堆積岩と断層破砕部を対象に2回試験を行った。試験深度の決定に際しては、コア観察、BHTV、孔径検層を実施し、不連続面等の地質状況や試験孔の孔壁の乱れを考慮している。堆積岩中の試験では、最大2.5～3 barの注水圧をかけることで、層理面に対応する方向への割れ目の開口が確認された。塩ノ平地震断層では、最大4.5～4.8 barの注水圧をかけることで、断層面に沿った開口とμm～mmスケールと地震波を伴うせん断によるマイクロスリップが確認された（Aoki et al., 2018）。

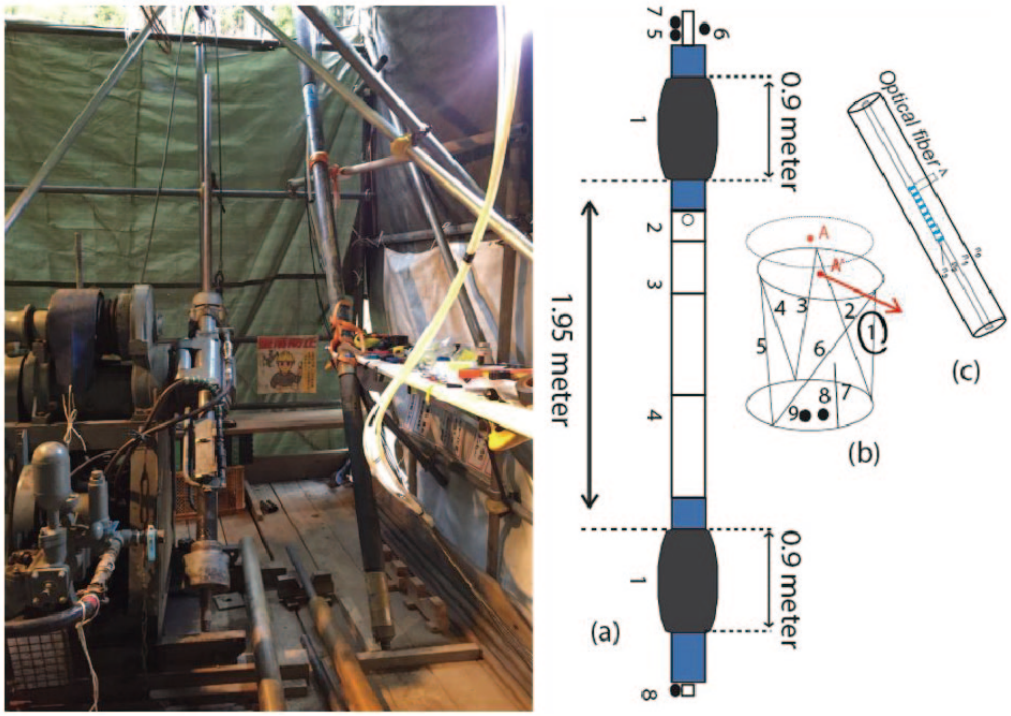
水上北地点では、地表下30mまで斜めボーリング掘削を行い、深度20.40 m～23.10 mに断層を確認した。投稿時現在、水上北地点ではSIMFIP法による原位置試験を行っている最中であり、本報告では塩ノ平地点の結果と水上北地点の測定結果の比較を報告する予定である。

〈引用文献〉

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青木和弘ほか，2015, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-25.
青木和弘ほか，2016, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性(その２)．日本地球惑星科学連合大会2016年大会講演要旨，SCG63-P23.
Aoki, et. al., 2018, Shionohira fault characterization using SIMFIP protocol, AGU Fall Meeting, Abstract H21P-1927.
Guglielmi, et. al., 2013, Rock Mechanics and Rock Engineering, DOI 10.1007/s00603-013-0517-1.
今泉俊文ほか，2018，活断層詳細デジタルマップ（新編）.
石山達也ほか，2012，2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層のトレンチ掘削調査（速報）, 日本地震学会ニュースレター，vol.23, no.5，36-38.
亀高正男ほか，2015, 塩ノ平断層の破砕部性状と断層活動性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-P32.
Seshimo, et.al., 2016, Frictional properties of Shionohira Fault Gouge of Fukushima, Japan (Part 2) –A comparison with Kuruma Fault Gouge at the Southern Extension of Shionohira Fault. AGU Fall Meeting, Abstract MR41D-2717.
堤　浩之・遠田晋次，2012，2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌，vol.118，no.9, 559-570.

キーワード：SIMFIP法、活断層、塩ノ平断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP method, active fault, Sionohira Fault, Fukushima-ken Hamadori Earthquake, fracture zone charactarizaton, injection test



-SIMFIP probe used in Minakami-Kita tests – Left is a photo of the drill rig with the assembled SIMFIP probe set on the right -
(a) SIMFIP plan (1 packers, 2 injection sub, 3 SIMFIP cage, 4 extension subs, 5 Inclinometer, 6 Accelerometer, 7 Top pressure, 8 Bottom pressure)
(b) Principles of the sensor which is a deforming cage in 6 different directions + 1 reference (7) + 1 interval pressure (8)
(c) We build all our sensors using Bragg gages all connected on the same optical fiber.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

Dynamic rupture simulation of 2018, Hokkaido Eastern Iburi earthquake: Role of non-planar fault geometry

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1]
*Tatsuya Hisakawa[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2018, Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquakeis an event characterized by complexity of rupture process, which may involve both reverse and strike slip depending on the locations on the fault surface. We perform dynamic rupture simulations based on simple physical laws and conditions for stressing and fault friction, taking complexity of the fault into account. The complex fault geometry is numerically treated by the boundary integral equation method accelerated by the fast domain portioning method. We search in a small number of parameter spaces for the stress ratio of the regional stress field and the frictional coefficients assumed to be the same over the fault area, rather than assigning heterogeneous distributions of the stress drop on the fault, to evaluate to what extent relatively simple forward models accounting for realistic fault geometry can explain the characteristics of coseismic observations. The fault geometry is constrained based on the aftershock distribution (NIED, 2018) and characterized primarily by the combination of three fault planes. As the result, we are able to reproduce several observed features of the event including the spatial variation of the fault slip direction, which is inferred from the seismological inversion (Okuwaki and Yagi, 2018), and the ground surface displacement observed by GEONET. The results suggest that the complex rupture event can be reproduced by a relatively simple physical model to some extent if the geometrical complexity of the faults is properly taken into account.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

A New Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator Applicable to Arbitrary Nonplanar Fault Geometries - A Benchmark Test

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1]
*Daisuke Sato[1], Nadia Lapusta[2], Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所、2. カリフォルニア工科大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. California Institute of Technology

詳細な観測データに基づくデータ同化をもとに、震源モデルは単純な経験則だけでは測り得なかったより細やかな防災情報や、震源物理学の直接理論検証の機会を提供しつつある(たとえばthe Third California Earthquake Rupture Forecast (UCERF3)にみるように)。この背景には、coseismicのみならず前震・余震過程を含む長期地震活動をモデル化できる物理シミュレータ(地震サイクルシミュレータ)が登場したことがある(Barbot et al., 2012: Richards-Dinger and Dieerich, 2012)。しかし、coseismicの動的震源過程を正確に解けてかつ沈み込み帯や内陸断層などの幅広いテクトニック環境に適用可能な汎用地震サイクルシミュレータはまだない。適用対象となる地震活動は現在のところ大きく限定されている。

本研究では、非平面に適用可能な初めての地震サイクルシミュレータを提案、実装結果を概観する。これは非平面に適用可能な高速(準線形時間)解法である高速領域分割階層型行列法(FDP=H-matrices)に基づく(佐藤・安藤、2018)。このため、従来シミュレータの本質的問題である動的破壊過程求解時の断層ジオメトリへの制限を克服している。発表では、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)のベンチマークテストを用い、精度と速度が調べられる。結果は、ByCyclE(Lapusta et al., 2000)などの従来シミュレータと比較され、提案シミュレータの有効性が議論される。予備的な、非平面環境での地震サイクルもデモされる。

キーワード：動的地震サイクルシミュレータ、非平面断層(地表+沈み込み帯・内陸断層)、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)
Keywords: Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator, Nonplanar Fault Geometries (Subduction Zones + Ground Surfaces and Inland Faults), SCEC Sequences of Earthquakes and Aseismic Slip project (SEAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

Stress and displacement Green's functions to treat volumetric inelastic strain and elastic inhomogeneity in boundary integral equation method

*佐藤 大祐[1]
*Daisuke Sato[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

境界積分方程式法(BIEM)は断層運動をシミュレートするための標準的解法として知られる。さらにごく最近では、高速アルゴリズムの整備(Sato and Ando, 2018)、不均一弾性構造への拡張(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)などを受け、従来知られていたBIEMの欠点も解決されつつある。しかし、均質弾性媒質以外への適用法は明らかとなった一方、解析的な困難のために、弾性不均一・体積非弾性歪み(重力下での粘性緩和など)を含む積分方程式をシミュレートするための離散化された積分核の解析的表現が導かれている状況は限定されている。

本研究で私は、これら発展的なBIEMに必要な積分核の実時空間での解析的表現を、等価介在物法(Eshelby, 1956; Mori and Tanaka, 1973)に基づき導く。まず第一に体積非弾性ひずみに対して、(体積)積分方程式法(Barbot and Fialko, 2010)が非弾性歪みを生じる領域とそれ以外とを仕切る多角形面のBIEMに帰着することを示す。具体例として、三次元一様等方無限弾性体中での八面体要素の区分一定非弾性歪みへの変位・応力グリーン関数が静的な場合に導かれる。これを用いれば、たとえばHok and Fukuyama (2011)の手法で半平面での場合に余効滑りと粘性緩和とが同居する状況がモデル化可能となる。動的な場合にも、拡張境界積分方程式法(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)で得られているグリーン関数の一部と同一であることが示される。

第二に、固有歪みを導入することで表現定理での表面積分を表面上の等価固有変位への応答の積分核へと書き換える。その帰結として、絶対トラクションが歪みと固有歪みで記述される状況下では、すでに解析的表現が得られている滑りに対する応力核(Tada and Madariaga, 2001; Tada, 2006; Ando et al., 2007; Ando, 2016)のみで不均一弾性構造を扱える手法が存在しうることが示唆される。一般の弾性不均一構造を扱うKame and Kusakabe (2012)の手法との例題比較から、今回提案する手法の正しさが検討される。

これら弾性(速度)構造・非弾性歪みを記述する積分核を用いれば、非平面動的地震サイクルシミュレータ(Sato, Lapusta, and Noda, planned to be presented in JpGU 2019)と合わせて、現実的環境下での地震活動をモデル化する手立てが開かれることが期待される。

キーワード：体積非弾性歪み、速度構造、境界積分方程式法
Keywords: volumetric inelastic strain, velocity structure, boundary integral equation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果
Frictional properties of dolerite and granite at intermediate slip rates and controlled ambient temperatures

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1]
*Michiyo Sawai[1], Yuuki Yokoyama[1], Kyuichi Kanagawa[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

High velocity friction experiments (up to several m/s) on many types of rocks have revealed that frictional strength decreases with increasing slip rate at seismic slip rates (e.g., Tsutsumi and Shimamoto, 1997; Di Toro et al., 2011). Coseismic weakening has been attributed to temperature rise including flash heating, melt lubrication or thermal pressurization (e.g., Rice, 2006; Hirose and Shimamoto, 2005). Although the importance of temperature during fault motion are widely recognized, the effects of temperature on frictional properties at intermediate to high slip rates remain unknown. We therefore conducted friction experiments at a wide range of temperatures and investigated the effects of temperature on the friction coefficient (μ).

Experiments were performed on dolerite (Belfast, Northern Ireland) and granite (Aji, Japan) using a rotary shear deformation apparatus at Chiba University. Samples were displaced up to 10 - 20 m at a normal stress of 1 MPa, slip rates of 1 to 300 mm/s, and ambient temperatures of 20 - 500°C in an argon atmosphere with an oxygen concentration of 0.2 %.

At 20°C and 100°C, dolerite showed velocity weakening at slip rates ranging from 1 to 30 mm/s with μ of 0.81 - 0.83 at 1 mm/s and of 0.73 at 30 mm/s. Whereas at high temperatures >300°C, friction is almost constant (μ = 0.81 - 0.85) at < 30 mm/s. At 100 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at 20 °C and 100°C with μ = 0.75 - 0.79 and clear velocity-weakening at more than 300°C with μ = 0.67 - 0.76. At 300 mm/s, the dolerite showed strong velocity weakening at all temperatures investigated. The amount of weakening (i.e., the drop in friction, $\Delta\mu$) increases with increasing temperature ($\Delta\mu$ = 0.1 - 0.38). Thus, the frictional properties of dolerite are affected not only by slip rate but also by ambient temperature.
Experiments using granite to decipher the effect of materials on temperature dependence are in progress. Our preliminary results are summarized as follows. At <30 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at room temperature and velocity-weakening at temperatures of 100-300°C. At >300°C, friction is almost constant. Friction coefficient decreases with increasing temperature of 20-300°C and increase again at >400°C. At >100 mm/s, clear velocity-weakening did not occur except at temperatures of 20°C. More results especially on granite will be reported at the meeting.

キーワード：摩擦、温度効果、ドレライト、花崗岩
Keywords: friction, temperature dependence, dolerite, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出
Extraction of features of strata using borehole data of geothermal area by multivariate analysis

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5]
*Ojima Hiroki[1], Kazuya Ishitsuka[2], Toru Mogi[3], Tatsuya Kajiwara[4], Takeshi Sugimoto[4], Hiroshi Asanuma[5]

1. 北海道大学工学部環境社会学科、2. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3. 北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4. 地熱エンジニアリング株式会社、5. 産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所
1. Department of Socio-Environmental Engineering Hokkaido University, 2. Division of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Division of sustainable Resources Engineering, Faculty of Enginieering, Hokkaido University, 4. Geothermal Engineering Co. Ltd, 5. Fukushima Renewable Energy Institute, AIST

In geothermal development, geological characteristics are often estimated qualitatively based on logging data of geothermal wells. On the other hand, the quartz index (QI) has quantitative information on minerals, and the index enables to objectively extract features of the geological formation using a statistical method. Therefore, in this study, from the QI obtained from the core cuttings in a geothermal field, we developed and examined a method to classify and extract geological features along with a well by multivariate analysis (in particular the difference in alteration degree). Specifically, we first carried out a principal component analysis to extract and emphasize the features of the data through dimensionality reduction. Then, their lithological features were classified by clustering using a Gaussian mixture model. In addition, the classification results by our method were compared with electric logs and temperature logs. In this study, we used the data obtained from wells in a geothermal area at Iwate prefecture. The geology of this area consists of andesite tuff and dacite tuff. The QI is defined as the percentage of the strongest X-ray intensity of a certain mineral in the sample from the strongest X-ray intensity of pure quartz measured under the same experimental conditions. This value means the content (weight percentage) in the sample for quartz and the relative quantitative ratio for the other minerals. In order to verify our proposed method, the principal component analysis was performed on the standardized QI data of clay minerals and compared with the results of existing geological classification based on geological interpretation. As a result of the comparison, our classification results agree with the results of existing geological classification, thus the classification of the strata by our method is valid. Next, in order to examine the effect of the dimensionality reduction by a principal component analysis, we compared the following cases: (i) clustering without dimension reduction for all QI, and (ii) clustering after applying the dimensionality reduction to all QI. In the case of dimensionality reduction, we used the principal components with a total contribution total over 95%. As a result of the comparison, the optimal classification number of the strata without the dimensionality reduction (case (i)) was 6. On the other hand, in the case of dimensional reduction (case (ii)) the optimal classification number was 10. The number of the optimal class indicates that more detailed features can be extracted using dimensionality reduction by principal component analysis. Notably, the classification in the depth range from 0 to 1000 m became detailed, highlighting the correspondence between clay, zeolite minerals and the geological formation.

キーワード：石英指数、主成分分析、クラスター分析
Keywords: quartz index, principal component analysis, clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

Low-temperature thermochronology of Cretaceous granitoids from the northern Northeast Japan Arc: Towards reconstructing arc-parallel thermal/denudation histories

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Shoma Fukuda[1], Shigeru Sueoka[2], Barry Paul Kohn[3], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構、3. メルボルン大学地球科学、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター、5. 金沢大学理工研究域自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University , 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. School of Earth Sciences, The University of Melbourne, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

東北日本弧は弧ー海溝系に分類され，火山活動や地震活動などが活発に起こる変動帯である．その構造発達史に関しては，地形・地質学的研究から多角的に議論され，比較的よく研究された島弧であるといえる．また，近年，分野複合的研究プロジェクトによって，GPSや活断層，数値モデリングから室内摩擦実験に至るまで，多様な観点・手法から研究が進められ，多くの知見が蓄積しつつある(Iio et al. 2018, EPS)．我々の研究グループでは，熱年代学的手法を用いて長期的なタイムスケール(＞10^6年)における鉛直方向の非弾性変形の推定を目的とし，低温領域の熱年代学的手法を用いて島弧単位での熱史/削剥史の解明に貢献してきた．

熱年代学的手法は，放射年代測定によって得られる年代値と，その手法と対象鉱物との組み合わせに固有の閉鎖温度を利用して，試料の温度時間履歴（熱史）を推定する手法である．山地形成のような地殻表層の現象を捉えるためには，閉鎖温度の低い手法が有効であり，ヨーロッパアルプス（Wagner et al. 1977, Mem. Inst. Geol. Mineral., Univ. Padova）やヒマラヤ (Blythe et al. 2007, Tectonics) などの世界の大規模な変動帯で成功を収めてきた．ただし，熱年代学的手法から直ちに推定されるのは試料の冷却過程であり，削剥史や隆起史を復元するためには，地温勾配や隆起と削剥の動的平衡など様々な仮定が必要であることに留意したい．このようにして求められた100万年スケールの隆起速度は，地殻内部に蓄積する鉛直方向の非弾性変形（永久変形）に相当すると考えられる（池田ほか 2012 地質学雑誌）．

筆者らの研究グループは2014年から2019年現在までに東北日本弧全域において，およそ100点の花崗岩試料を採取し，そのうち数十点において低温領域の熱年代学的手法を適用してきた．主要な成果として，東北日本弧南部に分布する白亜紀ー古第三紀の花崗岩類に対して，島弧横断方向にアパタイトおよびジルコン(U-Th)/He（それぞれ，AHe, ZHe）法（Sueoka et al. 2017, EPS）およびアパタイトフィッション・トラック（AFT）法（Fukuda et al. 2019, JAES:X）を適用し，阿武隈山地ー奥羽脊梁山地ー朝日・飯豊山地のそれぞれには熱史/削剥史のコントラストが存在することを明らかにしてきた．本講演では，島弧横断方向さらに平行方向の熱史/削剥史の推定を目的に，東北日本弧北部の山地である北上山地ー奥羽脊梁山地ー太平山地で採取した白亜紀花崗岩類の岩石試料に対し，AHe/ZHe法（Fukuda et al. in prep., EPS）およびAFT法を適用した結果について報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AHe年代は 88.6～0.9 Ma, AFT年代は 138.0～2.0 Ma, ZHe年代83.9～7.4 Maが得られ，島弧単元ごとに見ると，南部での熱年代学的研究結果と同様の前弧側一奥羽脊梁山地一背弧側のコントラストが推定された．このことから，基本的に島弧平行方向の熱史は南北で似た傾向を示すことが推定される．ただし，南北での相違点も検出された．例えば，①阿武隈山地よりも北上山地は非常に古い年代を示す（例えばAFT年代では，阿武隈：80～40 Ma，北上：130～75 Ma）こと，②太平山地近傍で非常に新しいAFT年代（2 Ma）が見出されたこと，③AHe/ZHe年代計に対して，閉鎖温度の関係に矛盾したAFT熱年代値の逆転（例えばFST04，FST05）などである．関連する構造発達史や隆起史などのモデルとも絡めつつ，引き続き研究を継続する．

今後の課題として，見かけの熱年代値より高精度に熱史を復元可能なAFT法による熱史逆解析の適用が挙げられる．また，より空間解像度の高い熱史の推定を目指すために，サンプリング地点を増やし，適用地域の拡大を試みる予定である．

キーワード：熱年代学、東北日本弧、フィッション・トラック法、(U-Th)/He法、島弧
Keywords: Thermochronology, Northeast Japan Arc, Fission-track method, (U-Th)/He method, Island Arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Yumi Kobayashi[1], Shigeru Sueoka[2], Shoma Fukuda[1], Barry P. Kohn[3], Tatsunori Yokoyama[2], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3. メルボルン大学、4. 金沢大学　日本海域環境研究センター、5. 金沢大学　理工学域　自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 3. University of Melbourne, 4. Institute of Nature of Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

The South Fossa Magna region is located at the junction of the Japan and Izu-Bonin arcs. Up to four crustal blocks of the Izu-Bonin arc, i.e., Kushigatayama, Misaka, Tanzawa, and Izu, collided this region and formed its crustal structures since the middle Miocene (1, 2). The timings of the collision events have been estimated by deposition ages of sediments between each block and the Japan arc. However, these questions remain unresolved.

In this study, we performed apatite fission track (AFT) and apatite (U-Th)/He (AHe) thermochronometric methods and U-Pb dating method to resolve the uplift and denudation history of the South Fossa Magna region.

The AFT ages are estimated to be 14.7 ±4.7 Ma in the Okuchichibu area (c.f., hornblende K-Ar age: 10.5 ±1.5 Ma (3)), 3.0 ±0.5 Ma, 9.2 ±2.2 Ma, and 7.6 ±0.9 Ma in the Kano Mountains (c.f., biotite K-Ar age:i.e., 10.5 ±0.4 Ma (4)), 3.6 ±2.5 Ma in the Minobu area (c.f., biotite K-Ar age: 5.4 ±0.3 Ma (5)). Also, the AFT ages are inferred at 37.0 ±5.9 Ma in Mt. Tsukuba (c.f., Rb-Sr whole rock isochron age: 61.6 ±4.3 Ma (6)), and 44.9 ±4.1 Ma in the Sori granitoid in Gumma Prefecture (c.f., biotite K-Ar age: 92.6 ±0.6 Ma (7)). The rocks which have younger AFT ages than the formation ages may reflect the uplift and denudation events since the rock formation. However, exhumation rates of the Tanzawa mountain, the closest mountain to the Izu block, did not increase before and after the collision of the Izu block (8), which may imply that the collision of the Izu block did not cause the uplift and denudation events significantly.

We also obtained the new AHe ages and U-Pb ages. The AHe ages for Okuchichibu area, Kanto mountains and Minobu area are about 3 Ma. Furthermore, according to the results of the inverse thermal analysis using the apatite FT lengths data, the granites in Okuchichibu area and the southern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 3 Ma, and the granites in Minobu area and northern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 1 Ma. The results of AHe ages were consistent with the results of inverse analysis. Based only on these ages, the rapid cooling ages of 3 Ma and 1 Ma are comparable to the collision ages of the Tanzawa block and the Izu block, respectively.

References

[1] Amano et al., Structural Geology 43, 11-20 (1999).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Kano, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 77, 231-248 (2002).
[3] Ueno and Shibata, J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 81, 77-82 (1986).
[4] Shibata et al., Bulletin of the Geological Survey of Japan 35, 19-24 (1984).
[5] Sato et al., Gumma Mus. Natu. Hist. 19, 95-109 (2015)
[6] Arakawa and Takahashi, J.Min. Petr. Econ. Geol. 83, 232-240 (1968)
[7] Sudo, M. et al., Geochemical Journal 32, 49-58 (1998)
[8] Yamada, K. and T. Tagami, Journal of Geophysical Research 113, B03402, doi: 10.1029/2007JB005368 (2008).

キーワード：低温領域の熱年代学、南部フォッサマグナ、アパタイトフィッション・トラック
Keywords: low-temperature thermochronology, South Fossa Magna, apatite fission track

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性
Correlation between residual uplift and recurrence interval of the Kanto earthquake based on developmental process of coastal lowland

*金 幸隆[1]
*Haeng-Yoong Kim[1]

1. 大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻
1. Osaka City University, Graduate School of Science, Division of Biology &Geosciences

地震時に海底面が隆起して，海成段丘が形成されることは良く知られる．海成段丘は，地震時に離水した海成面と地震後に形成された高さ数m未満の低崖からなり，海岸線沿いに階段状に分布する．先行研究では，一段一段の海成段丘は，一回一回の地震の痕跡として認識されており，この前提のもとに一段一段の海成段丘の地形情報から過去の地震の履歴と再来間隔および地震時の隆起量を推定する研究が行われている．しかしながら前杢（1988）は，南海トラフのプレート沈み込み帯で発生する地震性隆起と地震間沈降が繰り返されることにより，一段の平坦な段丘面が形成されることを推論し，階段状の段丘は陸側の海底断層の活動によって海岸に大きな変位が生じることによって形成されるとした．私たちは，一段の段丘面が複数回の地震サイクルで形成される前杢の推論を実証する地形・地質データを相模トラフのプレート沈み込み帯の直上に位置する三浦半島において明らかにした．

地形判読の結果，三浦半島の岩石海岸では，海抜1 m付近に1923年大正関東地震時の段丘面，また海抜2 m付近に1703年元禄関東地震時の段丘面が分布する（松田・他，1974）．また半島に多数発達する入江の奥では，後背地から海底に運搬された堆積物で埋め立てられた海岸低地が，元禄地震の段丘面の標高付近に広く発達しており，一般に居住地や農地として利用されている．私たちは，半島南端部の入江の奥に分布する海岸低地の発達過程を詳細に調べた．その結果，1703年よりも古い時代に隆起した複数の海成段丘が1923年および1703年の隆起面の標高付近に残存していることが認められた．

見かけ上，一面に広がる平な海岸低地は，１つの地形面ではなく，複数段の小規模な海成段丘から構成されている．海成段丘の存在は，海面水位の相対的低下が突発的に生じたことを示す．これらの海成段丘は，海抜2.1m 未満に 5 つの領域に分けられた．その海成面の離水時期と標高を調べた結果，若い順に 1923 年大正地震の海成面：1.22m～ 1.37m, 西畑・他(1988)による 1703 年元禄地震の離水波蝕棚面：2.3 m，1293 年正応地震（1260-1380cal.AD 以降）の海成面：1.27 m，西暦約1000 年頃の地震（915cal.AD から 1150cal.AD）の海成面：1.63~1.93 m であり，さらに 古い時代まで段丘面が分布する（金・萬年，2018）．

このように，極めて海抜の低い海岸低地の中に形成時代の異なる小規模な段丘が残存（一部は埋没段丘）する理由は，1．プレートの沈み込みに伴う陸側プレートの弾性反発による地震隆起と地震間の沈降が繰り返されていること（Shimazaki *et al.*, 2011），また2．次の地震までに海面水位付近に新期の海成面が形成されること（金・萬年，2018），3．形成された海成段丘面が被覆層によって保存される条件があることによる．幅の広い段丘面や，美香かけ上一面に広がる平らな海岸低地面は，一回の地震で形成されたのではなく，複数回の地震時の隆起と地震間の沈降に伴った離水と沈水が繰り返すことによって形成された地形面である．

海成段丘の標高から直接的に導出される物理量は，地震時の隆起量ではなく，累積変位量と残留変位量である．地盤は地震間に沈降するため，2段の海成面の形成環境が地震前と地震後で一様である場合，前の地震時の段丘面と次の地震時の段丘面の標高差は，前の地震時の隆起量の残留隆起量を示す．これは歪みの蓄積の指標と推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上述の段丘面の標高と離水時期から，地震の発生間隔の長い1293年と1703年の410年間では，1293年の段丘面は元の標高（海面水位）まで完全に逆戻りしている．残留隆起量は0である．また地震の発生間隔の短い1703年と1923年の220年間では，1703年の段丘面は元の標高まで逆戻りすることなく，1923年の関東地震が発生した．残留隆起量は約1ｍである．したがって，海岸線に1703年元禄面と1923年大正面の2段の明瞭な段丘地形として認められと考えられる．

キーワード：海成段丘、残留隆起量、再来間隔、海溝型地震
Keywords: Marine terrace, Residual uplift, Recurrence interval, Subduction type earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形
Mechanics preserving co-seismic uplift and marine terraces: dissymmetric patterns of co-seismic and inter-seismic deformation

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1]
*Kyohei Suzuki[1], Junki Komori[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo

房総半島の南部では沼Ⅰ-Ⅳ面と呼ばれる顕著な４つの海岸段丘が知られており、段丘の比高や形成年代から、地震時の隆起量や滑り量、地震発生時期などが推定されてきた(Matsuda et al., 1978 ; 中田ほか, 1980 ; 行谷ほか, 2011 ; Sato et al., 2016 など)。しかし、 先行研究において海岸段丘の形成と古地震イベントの関係を疑問視するものもある（Matsu’ura and Sato 1989、 Noda et al., 2018）。Matsu’ura and Sato (1989) は、長期的な地表面隆起を屈曲したプレート境界の定常的な滑り蓄積の効果として力学的に説明した。このモデルは地震域において地震間ではバックスリップ、地震時ではフォワードスリップによって変動を表現し、 また、 プレート境界面全体に沿った時間に定常的なフォワードスリップを与えている。このモデルから、彼らは地震時の変動パターンは地震間の変動パターンによって相殺され、 地表の隆起蓄積はプレートの定常沈み込みによる効果にのみ寄与するとした。しかし、これは沈み込み帯を水平成層構造の中に一枚の面としてスラブを表現し、さらにプレート境界面における境界条件として一様な変位量を与え、 地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップの量が等しいと仮定した単純化されたモデルによる帰結である。本研究の目的はより現実的なスラブの形状、 プレートの運動、 そして地震時の断層運動を考慮することによって、 地震時隆起量が地震時滑り量を記録し、地震サイクルにわたり残留、累積していかないか、 さらに、それが海岸段丘形成過程に影響するかについて、一般的な力学モデルの中で検証することである。

計算手順として、まず、海洋プレートの端に一定の変位を与え、プレート境界上に応力・歪を蓄積させる。次に、蓄積されたせん断応力を、断層上で働く動摩擦強度はどこでも一定であるとの仮定の下に、地震時に断層の滑りによって全て解放させ、そして地表面の鉛直変位パターンとプレート境界面の滑り量を求める。線形弾性論において重ね合わせの原理が成り立つことをふまえ、本研究では、地震間と地震時の両過程の境界条件を分けてそれぞれの鉛直変位の計算を行い、その和を取ることで残留量を計算した。また、実際のプレート境界面における、海山や地溝のような表面の凹凸が鉛直変位の空間パターンに与える影響も検証するために、プレート境界面に局所的に凹凸が入れられた場合についても2パターンの計算を行った。

計算の結果として、非固着域での地震間の滑り量は固着域の近傍で0に収束し、地震時滑り量は一様ではなく、プレート境界面全体で滑っていることがわかった。このことは、プレート内に永年変形を引き起こす、固着域で生じるプレート境界面の相対運動、すなわち累積滑り、は、Matsu’ura and Sato (1989)が仮定したような、一定速度で生じるのではなく、地震サイクルにおいて間欠的であることを示唆している。次に、鉛直変位残留量から、地震時と地震間でのそれらの空間パターンが異なっていることがわかった。さらに、プレート境界面に局所的な凹凸を入れると、地震時において各モデルの滑り量分布は異なり、それに対応して隆起の空間パターンが異なっていることが分かった。固着域は地震間に滑ることはないので、地震間の変形は、どの形状モデルにおいても同一であることに注意されたい。これらのことは、従来モデルの枠組みに置き換えて考えると、地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップが完全に打ち消し合っていない状況を端的に示している。このことは、段丘比高が滑り量を記録し、プレート境界面の形状が実際の海岸段丘形成に影響を与えることを示唆している。本研究の結果は、プレート境界面上の滑りが間欠的であり、地震時の滑りに海岸段丘形成が依存することを示している。つまり、本研究の結果は、海岸段丘の比高から古地震像を推定することが、二次的な地形改変による効果は別途検討する必要があるものの、地殻変動の観点からは、原理的には可能であることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：古地震、力学モデル、海岸段丘
Keywords: paleoseismic, mechanical model, Holocene marine terraces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
Enhanced resolution of stress tensor inversion by using fault instability analysis

*佐藤 活志[1]
*Katsushi Sato[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Wallace-Bott仮説に基づく応力逆解析において，断層スリップデータと応力との適合度はミスフィット角によって測られる．ミスフィット角は，観測された断層の滑り方向と計算された剪断応力の方向との差である．この仮説は，高間隙水圧や低摩擦の条件で滑る断層や，既存の弱面を利用する断層など，いわゆるmis-orientedな方位を持つ断層を許容することが利点である．しかしその反面，観測された断層データに対して様々な応力が許容されるので，データから応力を強く制約することができない．そのため，複数の応力を分解して検出する能力が十分でない場合がある．

そこで本研究は，fault instabilityと呼ばれる断層の滑りやすさの指標（Vavrycuk et al., 2013）を導入し，応力逆解析法の分解能向上を試みた．Mohrダイアグラム上で断層面に働く剪断応力と法線応力を表す点と，Coulombの破壊基準の直線との距離が小さいほど断層は滑りやすいと考えられる（Sato, 2016）．そこで，その距離が小さいほど大きくなるようにfault instabilityを定義する．Fault instabilityの値によって，断層と応力の適合度に重み付けを施すことで，高いfault instability値を与える応力に高い評価を与えた．以上の計算には，Coulombの破壊基準に含まれる摩擦係数を仮定する必要がある．本研究は複数の摩擦係数の値を設定し，結果を比較した．

本手法を，新第三系～第四系を切る小断層群に適用したところ，分解能の向上が見られた．千葉県南東部の安房層群では，従来の手法では正断層型応力のみが検出されたが，本手法では逆断層型応力もあわせて検出された．大分県別府湾周辺の碩南層群では，従来の手法で南北引張応力のみが得られていたところ，東西引張応力も検出された．

References
Sato, K., 2016, Journal of Structural Geology, 89, 44-53.
Vavrycuk, V., Bouchaala, F. and Fischer, T., 2013, Tectonophysics, 590, 189-195.

キーワード：応力逆解析、小断層解析、滑り傾向
Keywords: stress tensor inversion, fault-slip analysis, fault instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

Focal mechanisms of the aftershocks of the 2000 Western Tottori Earthquake inferred from P wave first-motion data and spatial stress pattern

*岩田 貴樹[1]
*Takaki Iwata[1]

1. 常磐大学
1. Tokiwa University

A Bayesian approach to estimating a spatial stress pattern was developed [Iwata, 2018, JGR] (hereafter IW2018), and as an extension of this approach Iwata [2018, SSJ fall meeting] has proposed a method to infer focal mechanisms from P wave first-motion data and stress pattern estimated with the Bayesian approach. In this study, this method was applied to a real dataset taken from aftershocks of the 2000 Western Tottori earthquake.

The analyzed P wave first-motion dataset was retrieved from Kawanishi et al. [2009, JGR], which complied records from October 15 to November 30 in 2000. This dataset contains 47,570 P wave first-motions of 3592 events (for details see IW2018). The spatial pattern of stress field was taken from the result of IW2018 that also analyzed the same P wave first-motion dataset. The inferred focal mechanisms show rotation of the azimuth of P-axis around the main fault in the southern area; this feature has been seen in Yukutake and Iio [2017, EPS] and will be the reflection of the stress rotation found in the same area revealed by IW2018.

From the inferred focal mechanisms and spatial stress pattern, the normal and shear stress exerted on the fault plane was evaluated. Then, following the method of Terakawa [2010, Geology], fluid pressure for each of the events was estimated. Two datasets of the fluid pressure in the northern and southern areas of the aftershock areas were constructed and examined whether the two datasets follow the same distribution with the Kolmogorov-Smirnov test. Consequently, the test revealed that the fluid pressure in the southern area is significantly larger than that in the northern area, with a P-value of 1.6e-3.

キーワード：メカニズム解、応力場、応力回転、P波初動、空間統計、間隙流体圧
Keywords: focal mechanism, stress field, stress rotation, P wave first-motion, spatial statistics, fluid pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場
Stress tensor inversion in focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake, New Zealand

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8]
*Miu Matsuno[1], Tomomi Okada[1], Satoshi Matsumoto[2], Yuta Kawamura[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[1], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Townend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3. 京都大学防災研究所、4. GNS Science, New Zealand、5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8. University of Otago, Dunedin, New Zealand
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. GNS Science, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

本研究では、ニュージーランドの南島北部で発生したカイコウラ地震を研究対象とし、地震のメカニズム解を複数決定することによって、本震前後の応力場を求めた。この地域の応力場を求めた先行研究として佐藤(2017: 東北大学修士論文)があるが、本震断層面上で余震が多く起きている場合、断層面が偏りを持って分布している可能性があるため、本震断層面上で発生した余震メカニズム解の影響を検討する必要がある。そのため、Hamling et al. (2017)で設定された20の断層モデルと余震メカニズム解とのKagan角(Kagan, 1995)を用いて、断層面上で起きていると考えられる余震を取り除いた後、応力テンソルインバージョンを行った。

それぞれの余震に対し最も近い断層とのKagan角を求めた結果、多くの地震のKagan角はメカニズム解の誤差を超えるような大きい値を取り、余震には本震断層面以外で起きた地震も多く含まれると考えられる。

本震後の地震を用いた応力テンソルインバージョンの結果、南島北部のロンドンヒル断層付近の地域やKekerengu断層付近の地域では、Kagan角の閾値に依らず安定した横ずれ断層型となった。また水平最大圧縮軸方向はおよそN115Eであり、本震前について得られている方向と概ね変わらなかった。しかし、本震の震源付近の地域では複数断層が存在する地域であるためか、安定した応力場が得られなかった。今後は、本震の震源付近の地域や本震前の地震についてもメカニズム解を増やし、安定した応力場を得られるようにする必要がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8]
*Yuta Kawamura[1], Satoshi Matsumoto[1], Tomomi Okada[2], Miu Matsuno[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[2], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Twonend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 九州大学、2. 東北大学、3. 京都大学、4. ジー・エヌ・エスサイエンス、5. ヴィクトリア大学ウェリントン、6. カンタベリー大学、7. テラジオロジカ、8. オタゴ大学
1. Kyushu University, Shimabara, Japan, 2. Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Kyoto University, Uji, Japan, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

The Mw7.8 Kaikoura Earthquake struck the northeastern south island, New Zealand, on November 14, 2016. A lot of researchers have tried to explain the cause of this earthquake and revealed the structure in this area. Among variety of prior researches, Clark et al. (2017) argued that this earthquake, which produced surface deformation including uplift and complex surface rupture, was caused by 21 strike-slip, reverse and oblique slip faults. Cesca et al., (2017) proposed an earthquake fault model that consists of three faults in northern, central and southern part, based on the hypocenter distribution of aftershock activity. These studies suggested in common that this earthquake was provoked by multiple faults with complex rupture process.

We had installed 75 temporary seismic stations before the earthquake in the South Island, New Zealand in addition to GEONET stations. The seismic network has successfully recorded the mainshock and the following aftershocks. Here, we relocated the hypocenters of the events associated with the Kaikoura earthquake by using data obtained from the seismic network. The hypocenters was determined by the double difference hypocenter determination algorithm (i.e. HYPODD, Waldhauser and Ellsworth, 2000). The overall distribution of the hypocenters are distinguished into two clusters, northern and southern clusters. The hypocenter distribution in vertical cross section normal to the major alignment of the aftershocks in N54W reveals that the fault in southern part dips to eastward. On the other hand, although we find out a northern cluster in terms of horizontal projection, no obvious faults are recognized in the vertical cross-section, suggesting complex fault structure in the northern cluster.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

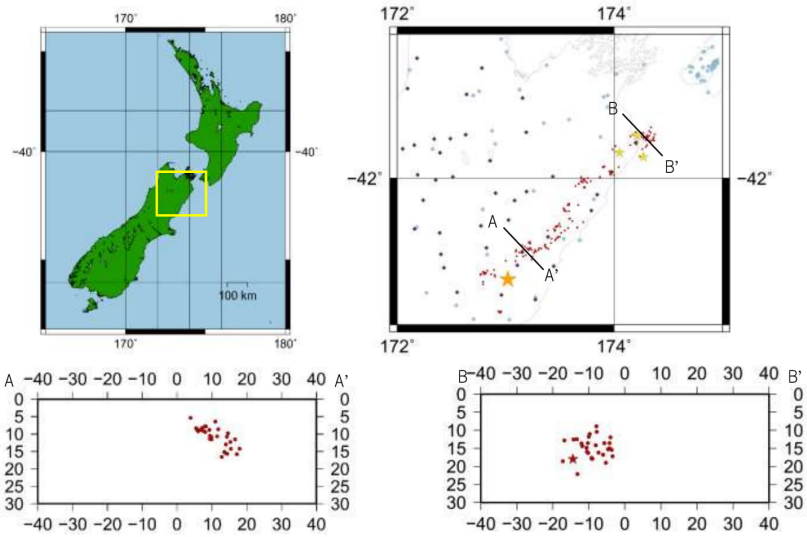


Fig. 1 Relocated hypocenter distribution in the South Island, New Zealand. Upper left) Index map of the target region. Yellow rectangle shows area displayed right map. Upper right) Map showing seismic stations and epicenters. Diamond and dot indicate location of station and event, respectively. Stars indicate epicenters for event with M > 6. Lower) Vertical cross sections along A-A' and B-B' in the upper right map. Other symbols are same as the upper right map.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling

*Sindy Carolina Lizarazo[1], Takeshi Sagiya[2], Hector Mora-Paez[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Geological Survey of Colombia

Colombia is located in a region of complex interactions among the Caribbean, Nazca and South American plates, as well as the North Andean and Panama-Choco blocks. As a consequence of this tectonic setting, active faulting and intense seismicity are occurring especially in the areas of plate subduction or collision. The GeoRED project by the Geological Survey of Colombia installed a permanent GPS network in Colombia to study the regional kinematics with an intention to improve disaster mitigation activities. An initial velocity field was obtained and discussed by Mora et al. (2019) based on data from 60 sites under the ITRF2008 reference frame.

Here we present an updated result of Colombian GPS velocity field with 80 sites. The daily coordinates are calculated under the ITRF2014 reference frame with GAMIT-GLOBK software. We calculate 3-dimensional velocities with HECTOR software (Bos et al., 2013) based on the daily coordinates for the period from January 2014 to March 2016. There was no earthquake larger than magnitude 6 in Colombia, so the velocity pattern represents that of the interseismic period. For this time period, enhancement of the permanent network provides a better spatial resolution of the deformation pattern in some regions.

The results show a general consistency with the previous study, demonstrating the correctness of the current approach. In addition, vertical components show a slight of coastal uplifts at a few mm/year along the Nazca subduction zone. These signals indicate the lower limit of the plate coupling on the plate interface and we discuss the interplate coupling based on the 3-dimensional velocity data. Also, a significant margin-normal contraction is identified along a part of the Caribbean subduction zone near Colombia-Panama border. However, the vertical signal is not significant compared to the horizontal contraction, indicating that the elastic coupling model may not be applicable to this area.

Keywords: GPS velocities, Interplate coupling, Subduction, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ

ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、

4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明
Three-dimensional imaging of geo-fluid distribution at NE-Japan forearc using wideband magnetotelluric measurements

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3]
*Masato Fukai[1], Yasuo Ogawa[1], Kuo Hsuan Tseng[1], Masahiro Ichiki[2], Shinichi Takakura[3]

1. 東京工業大学、2. 東北大学、3. 産業技術総合研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

東北日本弧において，ユーラシアプレートに沈み込む太平洋プレートは古くて厚いため低温であり，バサルトーエクロジャイト相転移は深度100km程度で起こる．脱水反応で放出された水は蛇紋岩を形成し，それによって深部まで運ばれる．深度150km程度で蛇紋岩は分解し，水は浮力によりマントル内を上昇する．そのため，東北日本前弧ではスラブの鉱物脱水によって生じた水の上昇は存在しないと考えられている（Kazahaya et al.,2014）．これとは対照的に，東北日本前弧の地震トモグラフィー（Zhao et al.,2014）は，”Water wall”と呼ばれる，スラブからの上昇する流体を示唆する低速度領域を解析している．本研究では、北上山地におけるマグネトテルリック観測により，前弧の上昇する流体分布を3次元電気伝導度構造から拘束することを目的とした．我々のモデルでは，深部からの流体の上昇を示す低比抵抗の分布は，Zhao et al.(2014)のP波低速域に対応して解析されていない．しかし，鉛直状の低比抵抗は火山フロントから前弧に向かって解析された．導体は火山フロントの30 km東の10-40 kmの深さに広がっている．この低比抵抗は，低速度領域の分布とよく一致しています（Zhao et al.,2014; Okada et al.,2015）．火山フロントの東の低比抵抗は，最上部マントルから中部地殻までほぼ垂直に連続している．したがって，これは，マントルフローに乗った流体が前弧の最上部マントルまで到達し，地殻内に流体を放出していることを示している可能性がある．

キーワード：地殻流体、東北日本前弧、地磁気地電流法
Keywords: geofluid, NE Japan forearc, magnetotelluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造
Elastic wave velocity and electrical conductivity in brine-saturated rocks and microstructure of pores

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1]
*Arina Tomioka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. University of Toyama

Geophysical mapping of fluids is critical for understanding crustal processes. Seismic velocity and electrical resistivity structures have been studied to reveal the fluid distribution. However, the fluid distribution has been still poorly constrained. Observed velocity and resistivity should be combined to make a quantitative inference on fluid distribution. The combined interpretation requires a thorough understanding of velocity and resistivity in fluid-saturated rocks. We have made measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity in brine-saturated rocks under confining pressures, and examined pore structures with SEM.

Measurements and microstructural observations were made on granites (Aji, Kagawa Pref., Ohshima, Ehime Pref.), granodiorite (Enzan, Yamanashi, Pref.) and tonalite (Kadohara, Fukui Pref.). Cylindrical rock samples (D=26 mm, L=30 mm) were filled with 0.1 M KCl aqueous solution, and velocity and conductivity were simultaneously measured by using a 200 MPa hydrostatic pressure vessel. The pore-fluid was electrically insulated from the metal work by using plastic devices. The confining pressure was incrementaly increased up to 150 MPa, while the pore-fluid pressure was kept at 0.1 MPa. It took 3 days or longer for the electrical conductivity to become stationary after increasing the confining pressure.

Rock samples showed moderate increase in velocity and large decrease in conductivity under confining pressures. Electrical conductivity steeply decreased at low pressures (<20 MPa) and then showed gradual decreases. Grain boundary cracks are pervasive in rock samples. The increase in velocity and decrease in conductivity at low pressures must be caused by the closure of grain boundary cracks with small aspect ratios ($<10^{-3}$). SEM images show that the aperture of a grain boundary crack varies along its width. Large aperture parts can be open even under high pressures to be conduction paths. The difference in conductivity at high pressures must reflect the difference in the amount of large aperture parts.

キーワード：地震波速度、電気伝導度、流体
Keywords: Elastic wave velocity, electrical conductivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1]
*Katazakai Haruka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

Transport properties such as electrical conductivity and permeability are sensitive to the connectivity of pores. Pore structure in granular materials varies with the shape and size distribution of grains. In order to understand the influence of the shape and size distribution of grains, electrical conductivity and permeability were measured on granular materials saturated with 0.1 mol/L KCl aqueous solution. Spherical glass beads and oblate quartz sand of various sizes were employed. The ratio of conductivity to porosity was significantly higher in glass beads than in quartz sand. This observation suggests that a higher connectivity of pore is established in glass beads than in quartz sand. The influence of the size distribution of grains was studied on mixtures of small (D=0.2 mm) and large (D=1 mm) glass beads. The porosity deceases from 36% to 22% as the fraction of large grains increases 0% to 60%. Electrical conductivity decreases with decreasing porosity, while permeability shows a small decrease. As the fraction of large grains increases from 60% to 100%, the porosity increases from 22% to 36% and permeability increases by around 2 orders of magnitude. This change suggests that the pore size steeply increases as the fraction of large grains increases from 60%, since permeability strongly depends on the size of pores. X-ray micro CT observation was conducted to examine pore structure.

キーワード：電気伝導度、浸透率、空隙
Keywords: conductivity, permeability, pore

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1]
*MAREMICHI ABE[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

The influence of axial compression on the connectivity of pores in granular materials was studied. Electrical conductivity and compressional wave velocity were simultaneously measured on brine-saturated granular materials under uniaxial compression. Spherical glass beads and oblate quartz sand were employed. X-ray micro CT was conducted on granular materials impregnated with epoxy resin to examine microstructure of pores. Compressional wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing axial stress. When the axial stress was increased from 0 to 5 MPa, compressional wave velocity increased by around 12% in both materials and electrical conductivity decreased by 0.7 and 1.7% in glass beads and quartz sand, respectively. The increase in compressional wave velocity must reflect the increase in contact area between grains, which was observed with X-ray micro CT. The decrease in conductivity must be caused by the decrease in connectivity of pores. X-ray micro CT images show that the connectivity of pores is easily lost under axial compression in quartz sand owing to its oblate shape.

キーワード：粒状物質、空隙、電気伝導度
Keywords: granular material, pore, electrical conductivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1]
*Shun Suzuki[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

South Fossa Magna is understood as a site where the Izu-Bonin arc on the Philippine Sea plate collides with Honshu arc, and it is the only arc-arc multiple collision zone in the world. Maruyama (2008) reported deformed conglomerate outcrop accompanied by cataclastic flow in the Hamaishidake Formation (late Miocene to Pliocene). Report of them in the collision zone is not limited to the Fujikawa area, but from the Ashigara Group and from the Erimo Formation in the Hidaka collision zone of Hokkaido (Uda, 1976), have been reported. In this study, various analyzes were performed on deformed conglomerates found in the Fujikawa area, and the cause (temperature / pressure condition) and the position in the collision zone were clarified, it aimed to restrict the multiple collision phenomenon and the deformation environment of trench fill sediments.

[Outcrop outline]
It is revealed that the deformed conglomerate outcrops occurred in the geologic body (Fujikawa Shear Zone) which makes a high dip zone in the direction of NW-SE, and they are modifying the initial NS system folding. The long axis direction of the gravel showing N40W trend and the shear fabric of the gravel showing sinistral sense.

[Paleo stress analysis by multiple inverse method]
The result of the MIM analysis (Yamaji et al., 2011) using the slip data of the gravel fault plane with the flow deformation mode shows ENE-WSW compression, which is not consistent with the current Philippine Sea plate motion.

[Restrictions on forming environmental condition of deformed conglomerate]
We tried to guess the maximum heat temperature of the geological body using the carbonaceous material Raman spectrum (Kouketsu et al., 2014), and examination of the differential stress level using the internal strain of the quartz (Takagi et al., 1988). As a result, it is revealed that deformed conglomerate outcrops heated only 150℃ or less, and the maximum heated temperature is rising toward the lower formation of Hamaishidake Formation. When the geothermal gradient is estimated by layer thickness conversion, the value such as 4~5℃ / 100 m is restored, and the depth at which the 150℃ heating can be recorded is about 3~4 km. That is, the deformed conglomerate is found to be a product under shallow and low temperature conditions. On the other hand, the estimated differential stress value is 50-100 MPa, which is strongly deformed despite being a shallow deformation.

[Discussion]
As for the ENE-WSW compression obtained from cataclastic flow slip data, it can not be explained with only the motion of the Philippine Sea plate. If these as deformation events after the deposition age limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(about 5 Ma) of the Hamaishidake Formation, it is necessary to consider the influence of E-W compression from around 3 Ma (Takahashi, 2006) or the ENE movement of Amur Plate (Komatsubara, 2015), and it means that the tectonics are not only dominated by the Philippine Sea plate. Considering trench fill sediment objects in the Fujikawa Valley as accretionary bodies, since deformed conglomerate occurs near the boundary fault of the middle and upper strata of the Fujikawa Group, it may be a deformation near the Mega Splay Fault branching from the plate boundary fault at the Tanzawa block collision stage. In addition, considering the usual crustal strength (Byerlee, 1978), theoretically it is not possible to record a differential stress value of 100 MPa at 4 km underground. However, according to the data of drilling at the plate boundary Nankai Trough (Hamada et al., 2018), it is pointed out that the differential stress value rises in the Accretionary prism and reaches nearly 100 MPa. In other words, in the geological body near the plate boundary, it is predicted that the crustal strength is large and it is placed in the high differential stress state also in the subsurface shallow part, and the deformed conglomerate is considered to be a product in such a place.

キーワード：南部フォッサマグナ、多重衝突帯、変形礫岩、断層岩のレオロジー
Keywords: South Fossa Magna, Multiple collision zone, Deformed conglomerate, Rheology of fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections

*Thomas Jing Yi Yeo[1], Toru Takeshita[1]

1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

The Japan Median Tectonic Line (MTL) is the longest fault system in Japan where it spans from Kyushu Island and extends towards the north east direction up until Ibaraki Prefecture. It has been an active strike slip fault since the Mid-Cretaceous period, which was originally formed as the southern marginal shear zone in the Ryoke belt (e.g. Hara et al., 1980) leading to the formation of mylonite and superposed by cataclasite at the core region.

This study aims to identify the kinematic history of the fault plane and its effect on the cataclastic rocks from a 3D viewpoint. The fieldwork was conducted in the hanging wall section of the MTL in Mie Prefecture, Japan. The hanging wall of the MTL in the study area is characterized by Creataceous Ryoke granitic rocks which was deformed into mylonitic rocks and was later overprinted by cataclasite at the proximal region. The main objective of this project is to identify and relate the kinematics of the MTL and physical conditions during the formation of the cataclasite.

From the thin sections observations, the grain size reduction of the mylonitic clasts was observed and was related with cataclasis. The cataclasite formed at the brittle fault zone enables chemically rich fluids to penetrate. This promotes the growth of foliated phyllosilicate minerals mainly muscovite from the alteration of presumably feldspars. Microstructural features such as riedel shears with C’ -type shear band fabric assist in indicating the sense of motion. Fracture densities and distributions are also quantified in all of the three sides of the sample in order to obtain a clearer view on the brittle properties.

Also, based on the crossed cutting relationship seen in the microstructures of the sample, a schematic deformation history of the sample was constructed. The MTL begins with a sinistral shear sense which causes the mylonitisation of the Ryoke granitoids. Upon the cooling of temperature, cataclasite was formed and transpression of the shear zone causing pressure solution seams to be precipitated which resulted in the formation of phyllonite. Lastly, a late stage reactivation of the pressure solution seams caused faulting to occur.

Furthermore, using the rake angle of the C’ and S fabrics of the Riedel shears, measured from the thin sections representing the different sides of the sample, the orientations of both the C’ and S planes could be reconstructed and plotted as a stereographic projection with values of [278/ 48N] and [124/ 82SW] respectively. The XZ plane which is 90˚ away from the intersection point of C’ and S planes has an orientation of [031/ 67SE]. By assuming plane strain and with the assistant of the software StrainSim v3, the simple shear strain, γ=0.73, the angular shear, Ψ=36˚ and material internal friction angle, Φ= 56˚. Similarly, the principle stress orientations are found to be at [62˚→158], [23˚→301] and [15˚→037] for σ_1, σ_2 and σ_3 respectively. By combining all the relationships mention above, the motion sense of the fault was identified as the NE block moving NW and downwards with a more dominant dip slip component. This dominant dip slip movement of the fault could be potentially related to the normal faulting movement of the MTL during the Ichinokawa Phase at 63-58Ma.

Moreover, the electron backscatter diffraction (EBSD) analysis of the sample is currently being conducted

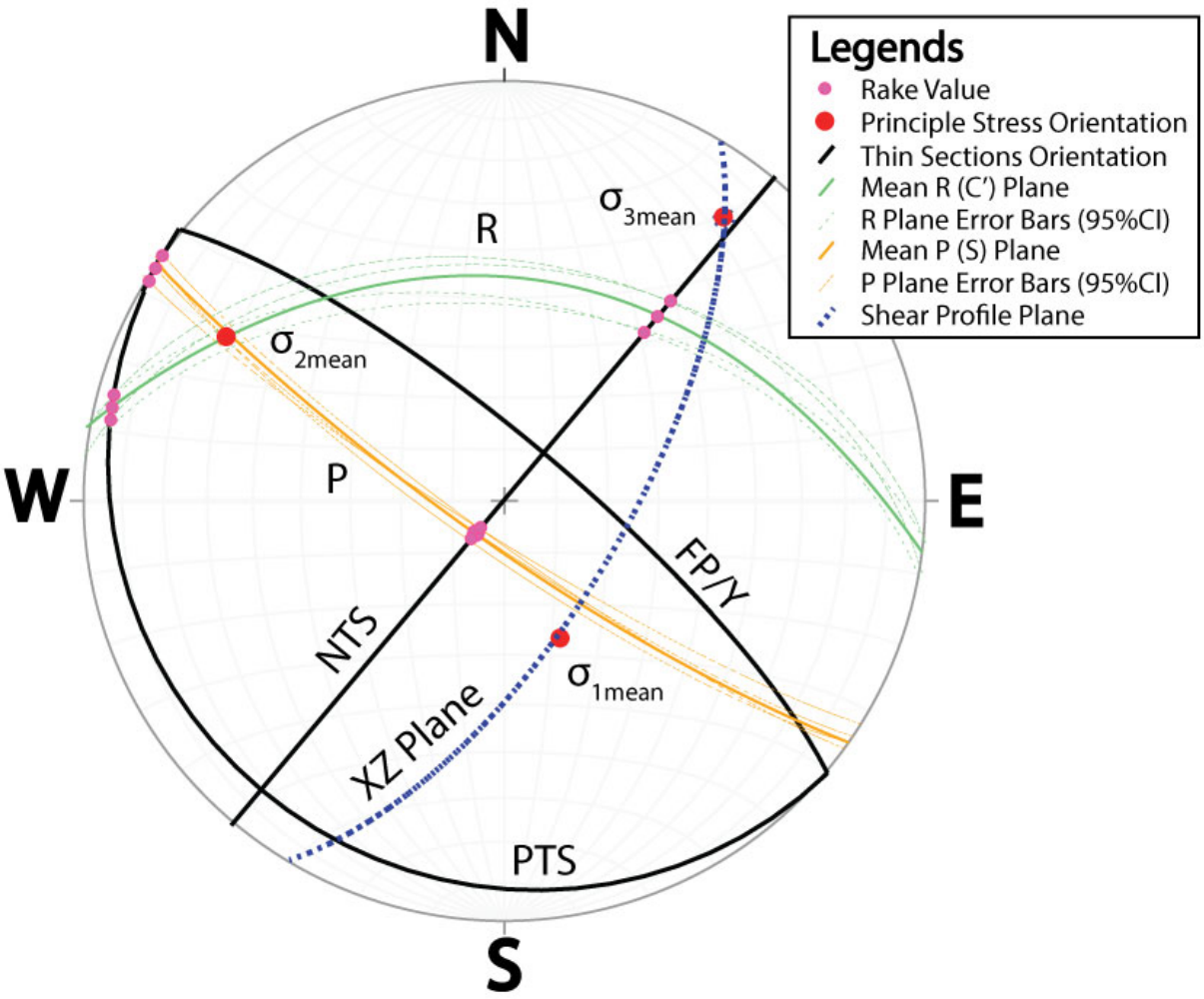
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

to analyse the distribution of the quartz’ s and calcite’ s C-axis fabric.

References

Hara, I, Shyoji, K., Sakurai, Y., Yokoyama, S., Hide, K., 1980. Origin of the Median Tectonic Line and its initial shape. *Memoirs of the Geological Society of Japan*. No. 18, 27–49.

Keywords: Median Tectonic Line (MTL), Cataclasite, Pressure Solution Seams, Shear Zone, Fractures, Kinematics



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例
Relationships between spacing and growth or linkage of normal faults in the Miyako Island, South Ryukyu arc, Japan

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1]
*Sumire Maeda[1], Makoto Otsubo[1], Daisuke Asahina[1], Yuki Furuno [1]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan/AIST

断層群において相互作用及び連結の発生する距離を推定することは，断層帯の長期評価をする上で重要な課題の1つである．地震調査推進本部は主要活断層帯の長期評価をするにあたり，松田(1990)の起震断層の設定基準を用いて，5 km以内に分布する活断層をまとめて1つの起震断層として仮定し，その断層長から将来発生する可能性のある地震規模を見積もっている．しかし，活断層が活動することにより，断層長が将来的に変化する可能性があるため，断層の時空間的変化を評価に資する多角的な指標の導入が必要である．

断層が相互作用する距離を規定する要因として，応力摂動（Coulomb shear stress：Sc）の大きさが挙げられる（Soliva et al., 2006; Fossen and Rotevatn, 2016）．Soliva et al.（2006）は，断層群において，断層間の距離及び応力摂動の値を調べた．その結果，断層が活動した際に，隣接する他の断層のStress shadow（Sc＜0）領域に断層端が入ることで連結が起こると指摘した．このStress shadow領域の大きさは断層が存在する層厚に関係している．メカニカルレイヤー内で同じ傾斜方向を持つ正断層が発達する場合，初期段階では，ランダムに分布した断層群が伝播・連結することにより，断層の伸長・連結が飽和状態となり，断層発達の最終段階として，断層群が規則的な間隔分布を示すと考えられている（Soliva et al., 2006）．上記から，飽和状態となった断層間の距離及び応力摂動の値を推定することで，断層が存在する層厚や，断層の連結の可能性を検討できると考えられる．

断層間の距離及び応力摂動の値から断層の連結の可能性を検討するために，沖縄県宮古島市を研究対象地域として調査及び解析を行なった．宮古島には，異なる走向をもつ3つの断層群が存在しており，それらの断層間距離がほぼ規則的であることがわかった．本講演では，宮古島に存在する断層群の断層間距離と応力摂動の値を見積もり，断層の連結に関して検討した結果について紹介する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例
3D fault architecture along the Median Tectonic Line, eastern Kii Peninsula, SW Japan

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4]
*Norio Shigematsu[1], Takuma Katori[1,2], Jun Kameda[3], Ayumu Miyakawa[4]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 新潟大学自然科学研究科、3. 北海大学大学院理学研究院、4. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Department of Natural History and Sciences, Hokkaido University, 4. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

内陸断層の深部，脆性–塑性遷移付近における変形の不均質は，地震発生を含む断層挙動に強い影響を与えている可能性がある．この影響を理解するためには，詳細な断層深部構造の情報が不可欠である．本研究では，紀伊半島東部の中央構造線を例に，削剥断層の地質調査に基づき三次元断層内部構造を明らかにすることを試みた．

三次元構造把握に必要な正確な位置情報は，無人航空機で撮影した写真に SfM (structure from motion)，MVS (multi-view stereo)の計算を行うことと，GNSS (Global Navigation Satellite system)測量を組み合わせることで取得した．さらに微細構造，鉱物の化学組成，走査型電子顕微鏡後方散乱電子線回折 (SEM-EBSD) を用いた石英の結晶方位に関する解析を行うことで，岩石の変形の特徴を明らかにした．これらの変形の特徴を，位置座標に基づき内挿し3D-CAD を用いて三次元モデルを構築した．

モデルでは，岩相境界としての中央構造線はほぼ完全な北傾斜の平面である．断層帯の内部構造は大きく2つに分かれる．1つは左横ずれのマイロナイト・カタクレーサイトを含む構造であり，もう1つは右横ずれの鱗片状カタクレーサイトなどを含み，さらに岩相境界付近の若い構造を含むものである．後者の構造は前者の構造を切っており構造形成の順序を示している．

鱗片状カタクレーサイトは中央構造線近傍のみに現れ，緑泥石の配列で特徴づけられる強い面構造を持つ．鱗片状カタクレーサイト内の緑泥石のモード組成は，周囲の領家帯起源の岩石に比べ高く，また圧力溶解シームがよく発達している．緑泥石温度計 (Bourdelle et al., 2013) に基づくと300 ℃付近での変形が示唆される．

左横ずれの構造の変形は，450 ℃付近で変形したマイロナイト (高温マイロナイト) から，300℃付近で変形したマイロナイト (低温マイロナイト)，300℃付近で変形したカタクレーサイトへと変化し，脆性–塑性遷移を記録した構造であることが示唆される．特徴的な構造として，幅 10 m 程の黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯がある．この互層帯のカタクレーサイトは黒色で強い面構造を示す．また互層帯のウルトラマイロナイトの石英結晶方位分布はほぼランダムである．この黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯は現在の削剥レベルが脆性–塑性遷移にあったときの断層変形の中軸部であったと考えられる．

キーワード：断層内部構造、脆性–塑性遷移、中央構造線、マイロナイト、カタクレーサイト
Keywords: Fault Zone Architecture, Brittle–Plastic transition, the Median Tectonic Line, Mylonite, Cataclasite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー
Significant of thrust zone at Fuji river basin in the South Fossa Magna, Southern Yamanashi Prefecture, Central Japan
-Study of Structural geology of Minobu and Neguma fault-

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1]
*Minami Madoka[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 国立法人新潟大学理学部地質科学科
1. Niigata university department of geology science

南部フォッサマグナ地域において，主要活断層と認定された身延断層をはじめ，糸魚川静岡構造線（以下ISTL），富士川河口断層帯（FUK）などの活断層がある．この地域は西南日本弧への伊豆-小笠原弧の衝突・付加の場である為，日本列島の形成を明らかにする上で，大変貴重である．本研究地域には，過去の衝突地塊によって形成されたトラフを充填した堆積物である，富士川層群が主に分布している．

本研究で着目した身延断層は，ISTLとFUKの間の活断層空白域において，接続する可能性が非常に高いとされており，近年，地形学的な活断層として，左横ずれセンスを示す結果が出されている．（水本，2016）しかしながら，身延断層北部では，新第三系の基盤との層序差が6000m以上であり，未固結の河床礫に衝上していることから，逆断層成分が多いと予想される．

今回，山梨県南巨摩郡南部町地域の地表踏査において，新たな断層露頭を確認，記載するとともに，身延断層をその走向と運動像からセグメントⅠ，Ⅱに分け，セグメントⅡから分岐する根熊断層と共に，応力解析，XRD分析を行った．

セグメントⅠでは，NW-SE走向NE・SW傾斜の断層系が発達し，セグメントⅡでは，NNW-SSE~NW-SE走向W傾斜の断層が多い．露頭内での砂岩岩片の隔離から左横ずれと判断した．身延地域全データからは，E-W圧縮の横ずれ応力場が検出された．根熊断層地域（以下，根熊地域）では，断層面の姿勢の ばらつきが多く，従来言われてきたNW走向W傾斜のデータのみを抽出すると，E-W圧縮の逆断層応力場とN-S圧縮の横ずれ応力場が検出され，前後関係を明らかにする必要がある．

また，身延断層系では，XRD分析より，緑泥石（Chl），カオリナイト（Kln），スメクタイト（Sm），イライト（Ill）が含まれており，NW-SE走向NE傾斜の断層はIll以外の上記三種が入っていた．根熊地域では，身延断層系と特異的な差として，Chl・Sm混合層と沸石類が入っていた．また，山崎（2012）ではカタクレーサイトを記載していることから，根熊断層は身延断層よりも深部での，言い換えるとより古期の活動があったと推測される．

本発表では身延断層，根熊断層の運動像と周辺の地質構造との関連に基づき，南部フォッサマグナにおける両断層帯の形成機構と構造発達史について議論する．

キーワード：南部フォッサマグナ、活断層、糸魚川静岡構造線、富士川河口断層帯
Keywords: South Fossa Magna, active faults, Itoigawa Shizuoka Tectonic Line, Fujikawa Kako Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

Mineralogical characteristics of fault rocks in the aftershock regions of the 2000 Western Tottori earthquake and its spatial distribution

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1], Hideki Mukoyoshi[2], Kenta Kobayashi[3], Toru Takeshita[4]

1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 島根大学大学院自然科学研究科、3. 新潟大学大学院自然科学研究科、4. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 3. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 4. Graduate School of Science, Hokkaido University

2000年10月6日鳥取県西部にて*Mw*6.6の地震が発生した．本震は左横ずれ成分が卓越しており，震央は35.269 ˚N・133.357 ˚Eに位置していた．本震の破壊過程および滑り分布は地震時の強振動データおよび測地データから推定されており，本震の破壊は主に余震域の南部で発生したと報告されている．また，Yukutake et al. (2007) は余震のメカニズム解から本震前後の応力場を推定し，余震域の南部は北部や中央部に比べて摩擦的に非常に弱かった可能性があることを指摘している．しかし，断層物質の物性値の空間的均質性に着目して本震・余震の滑り挙動の地域性を理解しようとする試みはほとんど行われていない．

岩石の鉱物組成はその物性値を支配しうる要素の一つであり，一般的には摩擦的に弱い鉱物量が増えるほど断層岩の摩擦係数は劇的に減少する．よって，2000年鳥取県西部地震の余震域における滑り挙動の空間異方性を理解するためには，断層岩の鉱物組成の空間分布を明らかにすることが必要である．本研究では，余震域の北部・中部・南部に露出する14の断層露頭から100を超える岩石試料を採取し，粉末化した岩石に内部標準を加えた試料についてXRD分析を行った．得られたプロファイルを，鉱物定量解析ソフトRockJockを用いて解析することで，各試料の鉱物組成を定量的に推定した．その結果，破砕の影響を受けていない周囲の母岩はほとんどが花崗岩であり，採取した地域によらず同じような鉱物組成（主に石英・長石）を持つことがわかった．一方，断層岩の鉱物組成は明確な地域依存性を示し，北部ではハロイサイトの増加とカリ長石の減少，中部ではイライトの増加とカリ長石・斜長石の減少，南部ではハロイサイトの増加と斜長石の減少が確認された．これらの解析結果をもとにして各地域における代表的な断層岩を選定し，摩擦実験を行って摩擦強度やその速度依存性を調べることで，2000年鳥取県西部地震余震域における摩擦特性の空間分布を明らかにできると考えられる．また得られた物質科学的なデータを観測データと組み合わせることで，2000年鳥取県西部地震の本震・余震の滑り挙動の空間異方性に関する理解をさらに深めることが期待される．

キーワード：2000年鳥取県西部地震、断層岩、鉱物組成、XRD分析
Keywords: The 2000 Western Tottori earthquake, Fault rock, Mineral composition, XRD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係
Relationship between seismicity of the 2016 the Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2]
*Masayuki Ichimura[1], Hideki Mukoyoshi[2]

1. 島根大学自然科学研究科、2. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 2. Department of Earth Science, Shimane University

The 2016 Central Tottori Earthquake (M6.6) occurred on October 21. The epicenter was Central Tottori and depth of hypocenter was 11km. Earthquake source fault was determined to be left-lateral strike fault developed NNW-SSE direction with WNW-ESE directional maximum principal stress axis. In the region, active fault related to the earthquake was not recognized. Although clarification of the occurrence of faults such strain concentration zone is important, there are no reports about detail field outcrop investigation in the area of this earthquake.
The aim of this study is to reveal relationship between seismicity of the 2016 Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area based on field investigation and description of microstructure of the faults.

In this study area, late Cretaceous-early Paleogene medium-coarse-grained biotite granite is mainly distributed.

As a result of this study, total of 190 faults were observed in the aftershock area. Orientation of faults developed in NNW trending aftershock area were concentrated in NNW. On the other hand, faults in eastern part of aftershock area shows N-S~NE trend. Three-directional striation on the fault plane was observed in the aftershock area and only cataclasite was developed. The fault (strikes NNW) had horizontal striation was confirmed. P-foliation was observed in this fault rocks under the microscopic observation and indicated left-lateral strike slip.

The fault that had experienced strike slip, and shear sense consistent with earthquake source fault was confirmed. This result indicates that this fault had moved in the present stress field. According to previous study related to 2000 Western Tottori Earthquake, it is suggested that NNW trending fault system developed in southern part of the aftershock area was weaker than the surrounding area. With comparing these result, fault system in aftershock area of the 2016 Central Tottori Earthquake also might be weaker faults due to the orientation of faults correspond with the Y surface of the earthquake source fault.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

History of fault activity considered from the brittle shear zone and the geological structure near the Cape Otachi, Kumamoto Prefecture

*小柏 景司[1]、小林 健太[1]
*Keiji Ogashiwa[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata University

【はじめに】

日奈久断層帯は九州西部に位置し，おおよそ北東一南西方向に81km延びる活断層帯である．日奈久断層帯は東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層とされる[URL]．日奈久断層帯の破砕帯は肥後変成岩類分布域の娑婆神峠と下部白亜系分布域の御立岬付近の2か所で報告されている（松本・勘米良，1964）．娑婆神峠の破砕帯の中軸部は右横ずれ，外縁部では左横ずれを示す（小林・小柏，2016）．また，日奈久断層帯に平行な地質断層が見かけ左横ずれ断層である（斎藤ほか，2005）．これらのことは日奈久断層帯が過去に現在とは異なる運動像で活動していた可能性を示唆する．

破砕帯の解析と破砕帯周辺の地表踏査を行うことは，断層帯の活動史を解明するために重要である．また，九州は西南日本弧と琉球弧の会合部にあたる重要な地域であるため，日奈久断層帯の活動史を解明することは，島弧会合部のテクトニクスの理解に繋がる．本研究では，熊本県南部御立岬付近に見られる脆性剪断帯と地質構造から日奈久断層帯の活動史を解明することを目的として，地表踏査，断層岩の組織観察，XRD分析，小断層解析などを行う．

【地表踏査】

御立岬周辺の地表踏査の結果，下部白亜系日奈久層中で破砕帯を構成する小断層を観察し，断層の走向と運動像，切断関係から4系統に大別した．北北東一南南西走向の左横ずれ断層をF1，北北東一南南西走向の右横ずれ断層をF2，北北西一南南東走向の左横ずれ断層をF3，東西走向の右横ずれ断層をF4とした．F2はカタクレーサイトからなる脆性剪断帯中に見られる小断層群である．F1は脆性剪断帯の外側で見られ，一部は幅5cmの面状カタクレーサイト帯を形成する．F3とF4は互いに切断し合う小断層群である．F3は後述の岩脈群を変形させる．F4は脆性剪断帯を切断する．

断層以外では，脆性剪断帯の南東側に東北東一西南西方向のヒンジをもつ褶曲群を認定した．また，脆性剪断帯の東側に東北東一西北西走向が卓越する安山岩質岩脈群が観察された．F3よる岩脈の切断・屈曲，F3沿いに岩脈が注入する産状を確認した．この岩脈群は天草地方の新第三紀の貫入岩類と関係があるとされる（松本・勘米良，1964）．

【多重逆解法（山路，1999）による小断層解析】

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

F1から北北西ー南南東方向の圧縮応力場，F2から東北東ー西南西方向の圧縮応力場，F3とF4から北西ー南東方向の圧縮応力場を検出した．

【変動ステージ区分】

御立岬周辺で観察された断層・火成岩脈・褶曲の形成時期を，切断関係より求めた応力場にから，3つの変動ステージに区分し，古い方からD1，D2，D3とした．

D1では，北北西ー南南東方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の左横ずれ断層（F1）が活動した．圧縮軸方向を考慮すると，東北東ー西南西方向の褶曲軸をもつ褶曲群はD1で形成したと考えられる．

D2では，東北東ー西南西方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の右横ずれ断層（F2）が活動し，幅の広い脆性剪断帯を形成した．

D3では，北西ー南東方向の圧縮応力場で，北北西ー南南東走向の左横ずれ断層（F3）と東西走向の右横ずれ断層（F4）が活動した．

岩脈の屈曲やF3沿いに注入する産状は岩脈が未固結時にF3による変形を受けたことを示していると考えた．上記のような産状を考慮して，岩脈群はD2末期からD3初期までの間に貫入したと考えた．

【引用文献】

斎藤ほか，2005，八代及び野母崎の一部（20万分の1地質図幅），地質調査総合センター．松本・勘米良，1964，日奈久地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所．山路敦，1999，多重逆解法：複数の応力を検知する小断層解析の新手法，構造地質，no.43，79-88.

[URL]地震調査研究推進本部事務局，布田川・日奈久起震断層，

https://www.jishin.go.jp/main/oshirase/2016kumamoto.html

キーワード：日奈久断層帯
Keywords: Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その1
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.1 - Overall plan and current situation at Shionohira Fault -

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1]
*Kazuhiro Aoki[1], Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

「ごく最近動いた断層（以下活動区間と呼ぶ）」の近傍に「今後動く可能性のある断層（以下非活動区間と呼ぶ）」がある場合,「今後動く可能性のある断層」と「ごく最近動いた断層」とでは応力状態に違いがあり，両断層には”活動しやすさ”に違いあると想定される．しかし，現在の原子力規制基準の考え方においては、断層の連動性に関する知見の不足から安全側に一連の断層として評価している。

筆者らは，非活動区間が断層活動を生じた場合に，活動区間も含めて一連の断層として本当に動くのかを明らかにするため，断層活動性評価手法の開発を目指し,活動区間と非活動区間との違いに着目した調査・分析を実施している．

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって，いわき市田人町旅人滑石から石住綱木北西に至る約14kmの区間に，北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した．この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された．4.11地震による地表地震断層は，井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる．今泉ほか（2018）によれば，確認された地表地震断層以南においていわき市旅人滑石から川部町佐倉西方まで，山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが，この区間に地表変位は現れなかった．本報告では，塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間，塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間としている．

筆者らは，塩ノ平断層及びその南方延長部を対象として調査を進めており，これまで露頭調査結果（亀高ほか2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか2015，2016）について報告しており，現在は原位置における応力状態を把握するために断層スリップ試験を実施している．今後，調査結果に基づき，断層破砕部の岩組成，応力状態，断層の最大静止摩擦力，間隙水圧等の関係から断層が活動する際の挙動解析を行う予定としている．本講演では，調査計画の全体概要及び断層スリップ試験の詳細について報告を行う．

断層スリップ試験では,試錐で確認した地下の割れ目の上下にダブルパッカーを掛け地上から高圧の水を注入して割れ目のずれを人工的に発生させ，その3次元変位量（マイクロメータからミリメーター）を測定できる装置および手法を用いる。本装置はSIMFIP (Step-rate Injection Method for Fracture In-situ Properties) probe と命名された（Guglielmi et.al. 2013）。本プローブおよび手法は、フランスにおけるCO_2の地中貯蔵研究のためにGuglielmiによって設計製作され、フランス南部の地下研究施設（LSBB）で最初に適用された（Guglielmi、et.al. 2015）。その後フランスのTournemire、スイスのMont Terri、米国サウスダコタ州の金鉱山跡などの地下研究施設における断層を対象に原位置試験が実施されている。本装置は、ダブルパッカーで区切られた区間の間隙水圧を高めることにより断層のずれを発生させ、その3次元のずれ量を定量的に測定することができ、地下水、石油、CO2、放射性廃棄物など地盤中のリークが問題となる現象の解明に役立つ。ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法であり、断層帯の摩擦と応力状態の推定が可能であることから、断層周辺の水理・力学の連成現象を理解するための手法として地震発生メカニズムの解明にも役立つものと筆者らは考えている。なお、本装置を使った原位置注水実験は日本での適用は初めてであり、活断層を対象にした原位置試験としては世界初である。

キーワード：SIMFIP、塩ノ平断層、活断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP, Shionohira fault, active fault, Fukushima Hama-dori earthquake, fracuter zone characteristics, injection experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２ －塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果－
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.2 - Injection experiment using a SIMFIP probe at Shionohira Fault and southern fault-

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1]
*Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuhiro Aoki[1], Yves Guglielmi[2], Paul Cook[2], Florian Soom[2], Wakahama Hiroshi[3], Noujou Haruka[3], Etsuo Iwasaki[3], Masao Kametaka[3], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. ローレンスバークレー国立研究所、3. ダイヤコンサルタント
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Laurence Berkley National Laboratory, 3. DIA CONSULTANTS

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって、いわき市田人町石住綱木北西から旅人滑石に至る約14kmの区間に、北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した。この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された。

4.11地震による地表地震断層は、井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる。今泉ほか（2018）によれば、確認された地表地震断層以南において滑石から川部町佐倉西方まで、山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが、この区間に地表変位は現れなかった。本報告では、塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間、塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間と考える。

著者らは4.11地震による活動区間と非活動区間との違いに注目した調査・研究を進めており、これまで露頭調査結果（亀高ほか，2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか，2015，2016、Seshimo, et. al., 2016) について報告している。活動区間及び非活動区間の破砕帯の水理特性に着目し、ボーリング孔内で行ったSIMFIP法（Guglielmi et al., 2013）による原位置試験の結果を比較する。

SIMFIP（The Step-Rate Injection Method for Fracture In-situ Properties）法は、破砕帯周囲の水圧を高め、断層の周囲をわずかに動かし、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法である。圧力と変位データの結合解析により、断層帯の応力状態の推定が可能である。

調査地点は、活動区間としては地表変位が確認された塩ノ平地点、非活動区間としてはリニアメントが確認されているが地表変位が認められなかった水上北地点を選定した。

塩ノ平地点では、地表下30mまで鉛直ボーリング掘削を行い、深度15.11m～15.60mにおいて断層破砕部を確認した。SIMFIP試験は、健岩部の基礎データを取ることを目的とした地震断層上部に分布する第三紀堆積岩と断層破砕部を対象に2回試験を行った。試験深度の決定に際しては、コア観察、BHTV、孔径検層を実施し、不連続面等の地質状況や試験孔の孔壁の乱れを考慮している。堆積岩中の試験では、最大2.5～3 barの注水圧をかけることで、層理面に対応する方向への割れ目の開口が確認された。塩ノ平地震断層では、最大4.5～4.8 barの注水圧をかけることで、断層面に沿った開口とμm～mmスケールと地震波を伴うせん断によるマイクロスリップが確認された（Aoki et al., 2018）。

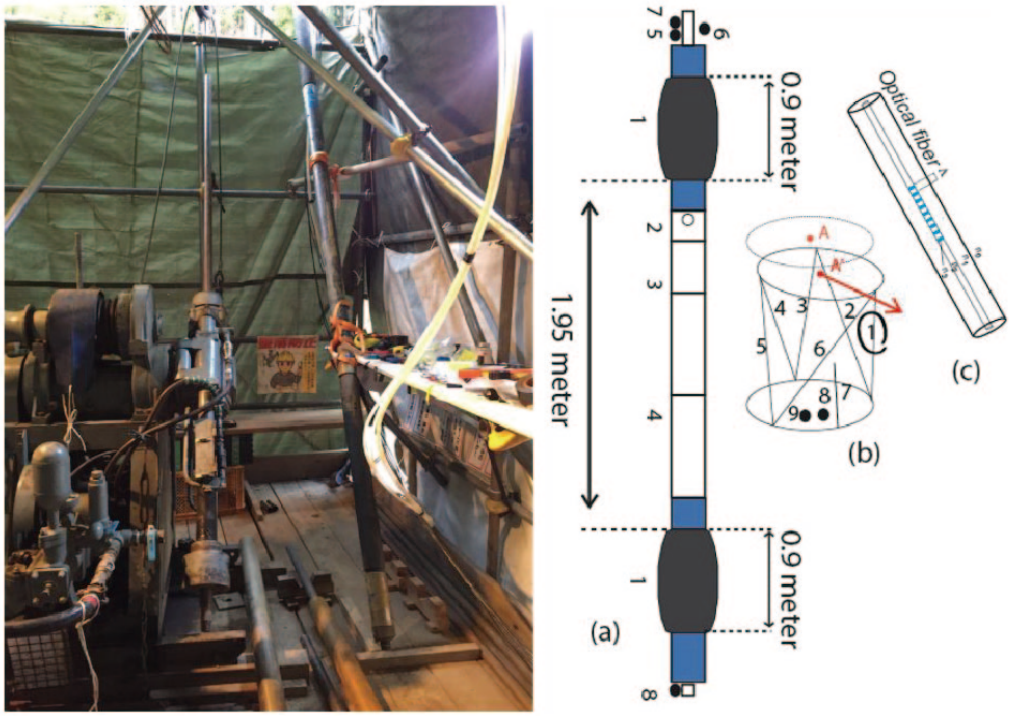
水上北地点では、地表下30mまで斜めボーリング掘削を行い、深度20.40 m～23.10 mに断層を確認した。投稿時現在、水上北地点ではSIMFIP法による原位置試験を行っている最中であり、本報告では塩ノ平地点の結果と水上北地点の測定結果の比較を報告する予定である。

〈引用文献〉

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青木和弘ほか，2015, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-25.
青木和弘ほか，2016, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性(その２)．日本地球惑星科学連合大会2016年大会講演要旨，SCG63-P23.
Aoki, et. al., 2018, Shionohira fault characterization using SIMFIP protocol, AGU Fall Meeting, Abstract H21P-1927.
Guglielmi, et. al., 2013, Rock Mechanics and Rock Engineering, DOI 10.1007/s00603-013-0517-1.
今泉俊文ほか，2018，活断層詳細デジタルマップ（新編）.
石山達也ほか，2012，2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層のトレンチ掘削調査（速報）, 日本地震学会ニュースレター，vol.23, no.5，36-38.
亀高正男ほか，2015, 塩ノ平断層の破砕部性状と断層活動性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-P32.
Seshimo, et.al., 2016, Frictional properties of Shionohira Fault Gouge of Fukushima, Japan (Part 2) –A comparison with Kuruma Fault Gouge at the Southern Extension of Shionohira Fault. AGU Fall Meeting, Abstract MR41D-2717.
堤　浩之・遠田晋次，2012，2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌，vol.118，no.9, 559-570.

キーワード：SIMFIP法、活断層、塩ノ平断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP method, active fault, Sionohira Fault, Fukushima-ken Hamadori Earthquake, fracture zone charactarizaton, injection test



-SIMFIP probe used in Minakami-Kita tests – Left is a photo of the drill rig with the assembled SIMFIP probe set on the right -
(a) SIMFIP plan (1 packers, 2 injection sub, 3 SIMFIP cage, 4 extension subs, 5 Inclinometer, 6 Accelerometer, 7 Top pressure, 8 Bottom pressure)
(b) Principles of the sensor which is a deforming cage in 6 different directions + 1 reference (7) + 1 interval pressure (8)
(c) We build all our sensors using Bragg gages all connected on the same optical fiber.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

Dynamic rupture simulation of 2018, Hokkaido Eastern Iburi earthquake: Role of non-planar fault geometry

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1]
*Tatsuya Hisakawa[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2018, Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquakeis an event characterized by complexity of rupture process, which may involve both reverse and strike slip depending on the locations on the fault surface. We perform dynamic rupture simulations based on simple physical laws and conditions for stressing and fault friction, taking complexity of the fault into account. The complex fault geometry is numerically treated by the boundary integral equation method accelerated by the fast domain portioning method. We search in a small number of parameter spaces for the stress ratio of the regional stress field and the frictional coefficients assumed to be the same over the fault area, rather than assigning heterogeneous distributions of the stress drop on the fault, to evaluate to what extent relatively simple forward models accounting for realistic fault geometry can explain the characteristics of coseismic observations. The fault geometry is constrained based on the aftershock distribution (NIED, 2018) and characterized primarily by the combination of three fault planes. As the result, we are able to reproduce several observed features of the event including the spatial variation of the fault slip direction, which is inferred from the seismological inversion (Okuwaki and Yagi, 2018), and the ground surface displacement observed by GEONET. The results suggest that the complex rupture event can be reproduced by a relatively simple physical model to some extent if the geometrical complexity of the faults is properly taken into account.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

A New Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator Applicable to Arbitrary Nonplanar Fault Geometries - A Benchmark Test

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1]
*Daisuke Sato[1], Nadia Lapusta[2], Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所、2. カリフォルニア工科大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. California Institute of Technology

詳細な観測データに基づくデータ同化をもとに、震源モデルは単純な経験則だけでは測り得なかったより細やかな防災情報や、震源物理学の直接理論検証の機会を提供しつつある(たとえばthe Third California Earthquake Rupture Forecast (UCERF3)にみるように)。この背景には、coseismicのみならず前震・余震過程を含む長期地震活動をモデル化できる物理シミュレータ(地震サイクルシミュレータ)が登場したことがある(Barbot et al., 2012: Richards-Dinger and Dieerich, 2012)。しかし、coseismicの動的震源過程を正確に解けてかつ沈み込み帯や内陸断層などの幅広いテクトニック環境に適用可能な汎用地震サイクルシミュレータはまだない。適用対象となる地震活動は現在のところ大きく限定されている。

本研究では、非平面に適用可能な初めての地震サイクルシミュレータを提案、実装結果を概観する。これは非平面に適用可能な高速(準線形時間)解法である高速領域分割階層型行列法(FDP=H-matrices)に基づく(佐藤・安藤、2018)。このため、従来シミュレータの本質的問題である動的破壊過程求解時の断層ジオメトリへの制限を克服している。発表では、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)のベンチマークテストを用い、精度と速度が調べられる。結果は、ByCyclE(Lapusta et al., 2000)などの従来シミュレータと比較され、提案シミュレータの有効性が議論される。予備的な、非平面環境での地震サイクルもデモされる。

キーワード：動的地震サイクルシミュレータ、非平面断層(地表+沈み込み帯・内陸断層)、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)
Keywords: Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator, Nonplanar Fault Geometries (Subduction Zones + Ground Surfaces and Inland Faults), SCEC Sequences of Earthquakes and Aseismic Slip project (SEAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

Stress and displacement Green's functions to treat volumetric inelastic strain and elastic inhomogeneity in boundary integral equation method

*佐藤 大祐[1]
*Daisuke Sato[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

境界積分方程式法(BIEM)は断層運動をシミュレートするための標準的解法として知られる。さらにごく最近では、高速アルゴリズムの整備(Sato and Ando, 2018)、不均一弾性構造への拡張(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)などを受け、従来知られていたBIEMの欠点も解決されつつある。しかし、均質弾性媒質以外への適用法は明らかとなった一方、解析的な困難のために、弾性不均一・体積非弾性歪み(重力下での粘性緩和など)を含む積分方程式をシミュレートするための離散化された積分核の解析的表現が導かれている状況は限定されている。

本研究で私は、これら発展的なBIEMに必要な積分核の実時空間での解析的表現を、等価介在物法(Eshelby, 1956; Mori and Tanaka, 1973)に基づき導く。まず第一に体積非弾性ひずみに対して、(体積)積分方程式法(Barbot and Fialko, 2010)が非弾性歪みを生じる領域とそれ以外とを仕切る多角形面のBIEMに帰着することを示す。具体例として、三次元一様等方無限弾性体中での八面体要素の区分一定非弾性歪みへの変位・応力グリーン関数が静的な場合に導かれる。これを用いれば、たとえばHok and Fukuyama (2011)の手法で半平面での場合に余効滑りと粘性緩和とが同居する状況がモデル化可能となる。動的な場合にも、拡張境界積分方程式法(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)で得られているグリーン関数の一部と同一であることが示される。

第二に、固有歪みを導入することで表現定理での表面積分を表面上の等価固有変位への応答の積分核へと書き換える。その帰結として、絶対トラクションが歪みと固有歪みで記述される状況下では、すでに解析的表現が得られている滑りに対する応力核(Tada and Madariaga, 2001; Tada, 2006; Ando et al., 2007; Ando, 2016)のみで不均一弾性構造を扱える手法が存在しうることが示唆される。一般の弾性不均一構造を扱うKame and Kusakabe (2012)の手法との例題比較から、今回提案する手法の正しさが検討される。

これら弾性(速度)構造・非弾性歪みを記述する積分核を用いれば、非平面動的地震サイクルシミュレータ(Sato, Lapusta, and Noda, planned to be presented in JpGU 2019)と合わせて、現実的環境下での地震活動をモデル化する手立てが開かれることが期待される。

キーワード：体積非弾性歪み、速度構造、境界積分方程式法
Keywords: volumetric inelastic strain, velocity structure, boundary integral equation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果
Frictional properties of dolerite and granite at intermediate slip rates and controlled ambient temperatures

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1]
*Michiyo Sawai[1], Yuuki Yokoyama[1], Kyuichi Kanagawa[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

High velocity friction experiments (up to several m/s) on many types of rocks have revealed that frictional strength decreases with increasing slip rate at seismic slip rates (e.g., Tsutsumi and Shimamoto, 1997; Di Toro et al., 2011). Coseismic weakening has been attributed to temperature rise including flash heating, melt lubrication or thermal pressurization (e.g., Rice, 2006; Hirose and Shimamoto, 2005). Although the importance of temperature during fault motion are widely recognized, the effects of temperature on frictional properties at intermediate to high slip rates remain unknown. We therefore conducted friction experiments at a wide range of temperatures and investigated the effects of temperature on the friction coefficient (μ).

Experiments were performed on dolerite (Belfast, Northern Ireland) and granite (Aji, Japan) using a rotary shear deformation apparatus at Chiba University. Samples were displaced up to 10 - 20 m at a normal stress of 1 MPa, slip rates of 1 to 300 mm/s, and ambient temperatures of 20 - 500°C in an argon atmosphere with an oxygen concentration of 0.2 %.

At 20°C and 100°C, dolerite showed velocity weakening at slip rates ranging from 1 to 30 mm/s with μ of 0.81 - 0.83 at 1 mm/s and of 0.73 at 30 mm/s. Whereas at high temperatures >300°C, friction is almost constant (μ = 0.81 - 0.85) at < 30 mm/s. At 100 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at 20 °C and 100°C with μ = 0.75 - 0.79 and clear velocity-weakening at more than 300°C with μ = 0.67 - 0.76. At 300 mm/s, the dolerite showed strong velocity weakening at all temperatures investigated. The amount of weakening (i.e., the drop in friction, $\Delta\mu$) increases with increasing temperature ($\Delta\mu$ = 0.1 - 0.38). Thus, the frictional properties of dolerite are affected not only by slip rate but also by ambient temperature.
Experiments using granite to decipher the effect of materials on temperature dependence are in progress. Our preliminary results are summarized as follows. At <30 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at room temperature and velocity-weakening at temperatures of 100-300°C. At >300°C, friction is almost constant. Friction coefficient decreases with increasing temperature of 20-300°C and increase again at >400°C. At >100 mm/s, clear velocity-weakening did not occur except at temperatures of 20°C. More results especially on granite will be reported at the meeting.

キーワード：摩擦、温度効果、ドレライト、花崗岩
Keywords: friction, temperature dependence, dolerite, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出
Extraction of features of strata using borehole data of geothermal area by multivariate analysis

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5]
*Ojima Hiroki[1], Kazuya Ishitsuka[2], Toru Mogi[3], Tatsuya Kajiwara[4], Takeshi Sugimoto[4], Hiroshi Asanuma[5]

1. 北海道大学工学部環境社会学科、2. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3. 北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4. 地熱エンジニアリング株式会社、5. 産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所
1. Department of Socio-Environmental Engineering Hokkaido University, 2. Division of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Division of sustainable Resources Engineering, Faculty of Enginieering, Hokkaido University, 4. Geothermal Engineering Co. Ltd, 5. Fukushima Renewable Energy Institute, AIST

In geothermal development, geological characteristics are often estimated qualitatively based on logging data of geothermal wells. On the other hand, the quartz index (QI) has quantitative information on minerals, and the index enables to objectively extract features of the geological formation using a statistical method. Therefore, in this study, from the QI obtained from the core cuttings in a geothermal field, we developed and examined a method to classify and extract geological features along with a well by multivariate analysis (in particular the difference in alteration degree). Specifically, we first carried out a principal component analysis to extract and emphasize the features of the data through dimensionality reduction. Then, their lithological features were classified by clustering using a Gaussian mixture model. In addition, the classification results by our method were compared with electric logs and temperature logs. In this study, we used the data obtained from wells in a geothermal area at Iwate prefecture. The geology of this area consists of andesite tuff and dacite tuff. The QI is defined as the percentage of the strongest X-ray intensity of a certain mineral in the sample from the strongest X-ray intensity of pure quartz measured under the same experimental conditions. This value means the content (weight percentage) in the sample for quartz and the relative quantitative ratio for the other minerals. In order to verify our proposed method, the principal component analysis was performed on the standardized QI data of clay minerals and compared with the results of existing geological classification based on geological interpretation. As a result of the comparison, our classification results agree with the results of existing geological classification, thus the classification of the strata by our method is valid. Next, in order to examine the effect of the dimensionality reduction by a principal component analysis, we compared the following cases: (i) clustering without dimension reduction for all QI, and (ii) clustering after applying the dimensionality reduction to all QI. In the case of dimensionality reduction, we used the principal components with a total contribution total over 95%. As a result of the comparison, the optimal classification number of the strata without the dimensionality reduction (case (i)) was 6. On the other hand, in the case of dimensional reduction (case (ii)) the optimal classification number was 10. The number of the optimal class indicates that more detailed features can be extracted using dimensionality reduction by principal component analysis. Notably, the classification in the depth range from 0 to 1000 m became detailed, highlighting the correspondence between clay, zeolite minerals and the geological formation.

キーワード：石英指数、主成分分析、クラスター分析
Keywords: quartz index, principal component analysis, clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

Low-temperature thermochronology of Cretaceous granitoids from the northern Northeast Japan Arc: Towards reconstructing arc-parallel thermal/denudation histories

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Shoma Fukuda[1], Shigeru Sueoka[2], Barry Paul Kohn[3], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構、3. メルボルン大学地球科学、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター、5. 金沢大学理工研究域自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University , 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. School of Earth Sciences, The University of Melbourne, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

東北日本弧は弧ー海溝系に分類され，火山活動や地震活動などが活発に起こる変動帯である．その構造発達史に関しては，地形・地質学的研究から多角的に議論され，比較的よく研究された島弧であるといえる．また，近年，分野複合的研究プロジェクトによって，GPSや活断層，数値モデリングから室内摩擦実験に至るまで，多様な観点・手法から研究が進められ，多くの知見が蓄積しつつある(Iio et al. 2018, EPS)．我々の研究グループでは，熱年代学的手法を用いて長期的なタイムスケール(＞10^6年)における鉛直方向の非弾性変形の推定を目的とし，低温領域の熱年代学的手法を用いて島弧単位での熱史/削剥史の解明に貢献してきた．

熱年代学的手法は，放射年代測定によって得られる年代値と，その手法と対象鉱物との組み合わせに固有の閉鎖温度を利用して，試料の温度時間履歴（熱史）を推定する手法である．山地形成のような地殻表層の現象を捉えるためには，閉鎖温度の低い手法が有効であり，ヨーロッパアルプス（Wagner et al. 1977, Mem. Inst. Geol. Mineral., Univ. Padova）やヒマラヤ (Blythe et al. 2007, Tectonics) などの世界の大規模な変動帯で成功を収めてきた．ただし，熱年代学的手法から直ちに推定されるのは試料の冷却過程であり，削剥史や隆起史を復元するためには，地温勾配や隆起と削剥の動的平衡など様々な仮定が必要であることに留意したい．このようにして求められた100万年スケールの隆起速度は，地殻内部に蓄積する鉛直方向の非弾性変形（永久変形）に相当すると考えられる（池田ほか 2012 地質学雑誌）．

筆者らの研究グループは2014年から2019年現在までに東北日本弧全域において，およそ100点の花崗岩試料を採取し，そのうち数十点において低温領域の熱年代学的手法を適用してきた．主要な成果として，東北日本弧南部に分布する白亜紀ー古第三紀の花崗岩類に対して，島弧横断方向にアパタイトおよびジルコン(U-Th)/He（それぞれ，AHe, ZHe）法（Sueoka et al. 2017, EPS）およびアパタイトフィッション・トラック（AFT）法（Fukuda et al. 2019, JAES:X）を適用し，阿武隈山地ー奥羽脊梁山地ー朝日・飯豊山地のそれぞれには熱史/削剥史のコントラストが存在することを明らかにしてきた．本講演では，島弧横断方向さらに平行方向の熱史/削剥史の推定を目的に，東北日本弧北部の山地である北上山地ー奥羽脊梁山地ー太平山地で採取した白亜紀花崗岩類の岩石試料に対し，AHe/ZHe法（Fukuda et al. in prep., EPS）およびAFT法を適用した結果について報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AHe年代は 88.6～0.9 Ma, AFT年代は 138.0～2.0 Ma, ZHe年代83.9～7.4 Maが得られ，島弧単元ごとに見ると，南部での熱年代学的研究結果と同様の前弧側一奥羽脊梁山地一背弧側のコントラストが推定された．このことから，基本的に島弧平行方向の熱史は南北で似た傾向を示すことが推定される．ただし，南北での相違点も検出された．例えば，①阿武隈山地よりも北上山地は非常に古い年代を示す（例えばAFT年代では，阿武隈：80～40 Ma，北上：130～75 Ma）こと，②太平山地近傍で非常に新しいAFT年代（2 Ma）が見出されたこと，③AHe/ZHe年代計に対して，閉鎖温度の関係に矛盾したAFT熱年代値の逆転（例えばFST04，FST05）などである．関連する構造発達史や隆起史などのモデルとも絡めつつ，引き続き研究を継続する．

今後の課題として，見かけの熱年代値より高精度に熱史を復元可能なAFT法による熱史逆解析の適用が挙げられる．また，より空間解像度の高い熱史の推定を目指すために，サンプリング地点を増やし，適用地域の拡大を試みる予定である．

キーワード：熱年代学、東北日本弧、フィッション・トラック法、(U-Th)/He法、島弧
Keywords: Thermochronology, Northeast Japan Arc, Fission-track method, (U-Th)/He method, Island Arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Yumi Kobayashi[1], Shigeru Sueoka[2], Shoma Fukuda[1], Barry P. Kohn[3], Tatsunori Yokoyama[2], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3. メルボルン大学、4. 金沢大学　日本海域環境研究センター、5. 金沢大学　理工学域　自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 3. University of Melbourne, 4. Institute of Nature of Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

The South Fossa Magna region is located at the junction of the Japan and Izu-Bonin arcs. Up to four crustal blocks of the Izu-Bonin arc, i.e., Kushigatayama, Misaka, Tanzawa, and Izu, collided this region and formed its crustal structures since the middle Miocene (1, 2). The timings of the collision events have been estimated by deposition ages of sediments between each block and the Japan arc. However, these questions remain unresolved.

In this study, we performed apatite fission track (AFT) and apatite (U-Th)/He (AHe) thermochronometric methods and U-Pb dating method to resolve the uplift and denudation history of the South Fossa Magna region.

The AFT ages are estimated to be 14.7 ±4.7 Ma in the Okuchichibu area (c.f., hornblende K-Ar age: 10.5 ±1.5 Ma (3)), 3.0 ±0.5 Ma, 9.2 ±2.2 Ma, and 7.6 ±0.9 Ma in the Kano Mountains (c.f., biotite K-Ar age:i.e., 10.5 ±0.4 Ma (4)), 3.6 ±2.5 Ma in the Minobu area (c.f., biotite K-Ar age: 5.4 ±0.3 Ma (5)). Also, the AFT ages are inferred at 37.0 ±5.9 Ma in Mt. Tsukuba (c.f., Rb-Sr whole rock isochron age: 61.6 ±4.3 Ma (6)), and 44.9 ±4.1 Ma in the Sori granitoid in Gumma Prefecture (c.f., biotite K-Ar age: 92.6 ±0.6 Ma (7)). The rocks which have younger AFT ages than the formation ages may reflect the uplift and denudation events since the rock formation. However, exhumation rates of the Tanzawa mountain, the closest mountain to the Izu block, did not increase before and after the collision of the Izu block (8), which may imply that the collision of the Izu block did not cause the uplift and denudation events significantly.

We also obtained the new AHe ages and U-Pb ages. The AHe ages for Okuchichibu area, Kanto mountains and Minobu area are about 3 Ma. Furthermore, according to the results of the inverse thermal analysis using the apatite FT lengths data, the granites in Okuchichibu area and the southern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 3 Ma, and the granites in Minobu area and northern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 1 Ma. The results of AHe ages were consistent with the results of inverse analysis. Based only on these ages, the rapid cooling ages of 3 Ma and 1 Ma are comparable to the collision ages of the Tanzawa block and the Izu block, respectively.

References

[1] Amano et al., Structural Geology 43, 11-20 (1999).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Kano, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 77, 231-248 (2002).
[3] Ueno and Shibata, J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 81, 77-82 (1986).
[4] Shibata et al., Bulletin of the Geological Survey of Japan 35, 19-24 (1984).
[5] Sato et al., Gumma Mus. Natu. Hist. 19, 95-109 (2015)
[6] Arakawa and Takahashi, J.Min. Petr. Econ. Geol. 83, 232-240 (1968)
[7] Sudo, M. et al., Geochemical Journal 32, 49-58 (1998)
[8] Yamada, K. and T. Tagami, Journal of Geophysical Research 113, B03402, doi: 10.1029/2007JB005368 (2008).

キーワード：低温領域の熱年代学、南部フォッサマグナ、アパタイトフィッション・トラック
Keywords: low-temperature thermochronology, South Fossa Magna, apatite fission track

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性
Correlation between residual uplift and recurrence interval of the Kanto earthquake based on developmental process of coastal lowland

*金 幸隆[1]
*Haeng-Yoong Kim[1]

1. 大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻
1. Osaka City University, Graduate School of Science, Division of Biology &Geosciences

地震時に海底面が隆起して，海成段丘が形成されることは良く知られる．海成段丘は，地震時に離水した海成面と地震後に形成された高さ数m未満の低崖からなり，海岸線沿いに階段状に分布する．先行研究では，一段一段の海成段丘は，一回一回の地震の痕跡として認識されており，この前提のもとに一段一段の海成段丘の地形情報から過去の地震の履歴と再来間隔および地震時の隆起量を推定する研究が行われている．しかしながら前杢（1988）は，南海トラフのプレート沈み込み帯で発生する地震性隆起と地震間沈降が繰り返されることにより，一段の平坦な段丘面が形成されることを推論し，階段状の段丘は陸側の海底断層の活動によって海岸に大きな変位が生じることによって形成されるとした．私たちは，一段の段丘面が複数回の地震サイクルで形成される前杢の推論を実証する地形・地質データを相模トラフのプレート沈み込み帯の直上に位置する三浦半島において明らかにした．

地形判読の結果，三浦半島の岩石海岸では，海抜1 m付近に1923年大正関東地震時の段丘面，また海抜2 m付近に1703年元禄関東地震時の段丘面が分布する（松田・他，1974）．また半島に多数発達する入江の奥では，後背地から海底に運搬された堆積物で埋め立てられた海岸低地が，元禄地震の段丘面の標高付近に広く発達しており，一般に居住地や農地として利用されている．私たちは，半島南端部の入江の奥に分布する海岸低地の発達過程を詳細に調べた．その結果，1703年よりも古い時代に隆起した複数の海成段丘が1923年および1703年の隆起面の標高付近に残存していることが認められた．

見かけ上，一面に広がる平な海岸低地は，１つの地形面ではなく，複数段の小規模な海成段丘から構成されている．海成段丘の存在は，海面水位の相対的低下が突発的に生じたことを示す．これらの海成段丘は，海抜2.1m 未満に 5 つの領域に分けられた．その海成面の離水時期と標高を調べた結果，若い順に 1923 年大正地震の海成面：1.22m～ 1.37m, 西畑・他(1988)による 1703 年元禄地震の離水波蝕棚面：2.3 m，1293 年正応地震（1260-1380cal.AD 以降）の海成面：1.27 m，西暦約1000 年頃の地震（915cal.AD から 1150cal.AD）の海成面：1.63~1.93 m であり，さらに 古い時代まで段丘面が分布する（金・萬年，2018）．

このように，極めて海抜の低い海岸低地の中に形成時代の異なる小規模な段丘が残存（一部は埋没段丘）する理由は，1．プレートの沈み込みに伴う陸側プレートの弾性反発による地震隆起と地震間の沈降が繰り返されていること（Shimazaki *et al.*, 2011），また2．次の地震までに海面水位付近に新期の海成面が形成されること（金・萬年，2018），3．形成された海成段丘面が被覆層によって保存される条件があることによる．幅の広い段丘面や，美香かけ上一面に広がる平らな海岸低地面は，一回の地震で形成されたのではなく，複数回の地震時の隆起と地震間の沈降に伴った離水と沈水が繰り返すことによって形成された地形面である．

海成段丘の標高から直接的に導出される物理量は，地震時の隆起量ではなく，累積変位量と残留変位量である．地盤は地震間に沈降するため，2段の海成面の形成環境が地震前と地震後で一様である場合，前の地震時の段丘面と次の地震時の段丘面の標高差は，前の地震時の隆起量の残留隆起量を示す．これは歪みの蓄積の指標と推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上述の段丘面の標高と離水時期から，地震の発生間隔の長い1293年と1703年の410年間では，1293年の段丘面は元の標高（海面水位）まで完全に逆戻りしている．残留隆起量は0である．また地震の発生間隔の短い1703年と1923年の220年間では，1703年の段丘面は元の標高まで逆戻りすることなく，1923年の関東地震が発生した．残留隆起量は約1ｍである．したがって，海岸線に1703年元禄面と1923年大正面の2段の明瞭な段丘地形として認められと考えられる．

キーワード：海成段丘、残留隆起量、再来間隔、海溝型地震
Keywords: Marine terrace, Residual uplift, Recurrence interval, Subduction type earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形
Mechanics preserving co-seismic uplift and marine terraces: dissymmetric patterns of co-seismic and inter-seismic deformation

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1]
*Kyohei Suzuki[1], Junki Komori[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo

房総半島の南部では沼Ⅰ-Ⅳ面と呼ばれる顕著な４つの海岸段丘が知られており、段丘の比高や形成年代から、地震時の隆起量や滑り量、地震発生時期などが推定されてきた(Matsuda et al., 1978 ; 中田ほか, 1980 ; 行谷ほか, 2011 ; Sato et al., 2016 など)。しかし、 先行研究において海岸段丘の形成と古地震イベントの関係を疑問視するものもある（Matsu’ura and Sato 1989、 Noda et al., 2018）。Matsu’ura and Sato (1989) は、長期的な地表面隆起を屈曲したプレート境界の定常的な滑り蓄積の効果として力学的に説明した。このモデルは地震域において地震間ではバックスリップ、地震時ではフォワードスリップによって変動を表現し、 また、 プレート境界面全体に沿った時間に定常的なフォワードスリップを与えている。このモデルから、彼らは地震時の変動パターンは地震間の変動パターンによって相殺され、 地表の隆起蓄積はプレートの定常沈み込みによる効果にのみ寄与するとした。しかし、これは沈み込み帯を水平成層構造の中に一枚の面としてスラブを表現し、さらにプレート境界面における境界条件として一様な変位量を与え、 地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップの量が等しいと仮定した単純化されたモデルによる帰結である。本研究の目的はより現実的なスラブの形状、 プレートの運動、 そして地震時の断層運動を考慮することによって、 地震時隆起量が地震時滑り量を記録し、地震サイクルにわたり残留、累積していかないか、 さらに、それが海岸段丘形成過程に影響するかについて、一般的な力学モデルの中で検証することである。

計算手順として、まず、海洋プレートの端に一定の変位を与え、プレート境界上に応力・歪を蓄積させる。次に、蓄積されたせん断応力を、断層上で働く動摩擦強度はどこでも一定であるとの仮定の下に、地震時に断層の滑りによって全て解放させ、そして地表面の鉛直変位パターンとプレート境界面の滑り量を求める。線形弾性論において重ね合わせの原理が成り立つことをふまえ、本研究では、地震間と地震時の両過程の境界条件を分けてそれぞれの鉛直変位の計算を行い、その和を取ることで残留量を計算した。また、実際のプレート境界面における、海山や地溝のような表面の凹凸が鉛直変位の空間パターンに与える影響も検証するために、プレート境界面に局所的に凹凸が入れられた場合についても2パターンの計算を行った。

計算の結果として、非固着域での地震間の滑り量は固着域の近傍で0に収束し、地震時滑り量は一様ではなく、プレート境界面全体で滑っていることがわかった。このことは、プレート内に永年変形を引き起こす、固着域で生じるプレート境界面の相対運動、すなわち累積滑り、は、Matsu’ura and Sato (1989)が仮定したような、一定速度で生じるのではなく、地震サイクルにおいて間欠的であることを示唆している。次に、鉛直変位残留量から、地震時と地震間でのそれらの空間パターンが異なっていることがわかった。さらに、プレート境界面に局所的な凹凸を入れると、地震時において各モデルの滑り量分布は異なり、それに対応して隆起の空間パターンが異なっていることが分かった。固着域は地震間に滑ることはないので、地震間の変形は、どの形状モデルにおいても同一であることに注意されたい。これらのことは、従来モデルの枠組みに置き換えて考えると、地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップが完全に打ち消し合っていない状況を端的に示している。このことは、段丘比高が滑り量を記録し、プレート境界面の形状が実際の海岸段丘形成に影響を与えることを示唆している。本研究の結果は、プレート境界面上の滑りが間欠的であり、地震時の滑りに海岸段丘形成が依存することを示している。つまり、本研究の結果は、海岸段丘の比高から古地震像を推定することが、二次的な地形改変による効果は別途検討する必要があるものの、地殻変動の観点からは、原理的には可能であることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：古地震、力学モデル、海岸段丘
Keywords: paleoseismic, mechanical model, Holocene marine terraces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
Enhanced resolution of stress tensor inversion by using fault instability analysis

*佐藤 活志[1]
*Katsushi Sato[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Wallace-Bott仮説に基づく応力逆解析において，断層スリップデータと応力との適合度はミスフィット角によって測られる．ミスフィット角は，観測された断層の滑り方向と計算された剪断応力の方向との差である．この仮説は，高間隙水圧や低摩擦の条件で滑る断層や，既存の弱面を利用する断層など，いわゆるmis-orientedな方位を持つ断層を許容することが利点である．しかしその反面，観測された断層データに対して様々な応力が許容されるので，データから応力を強く制約することができない．そのため，複数の応力を分解して検出する能力が十分でない場合がある．

そこで本研究は，fault instabilityと呼ばれる断層の滑りやすさの指標（Vavrycuk et al., 2013）を導入し，応力逆解析法の分解能向上を試みた．Mohrダイアグラム上で断層面に働く剪断応力と法線応力を表す点と，Coulombの破壊基準の直線との距離が小さいほど断層は滑りやすいと考えられる（Sato, 2016）．そこで，その距離が小さいほど大きくなるようにfault instabilityを定義する．Fault instabilityの値によって，断層と応力の適合度に重み付けを施すことで，高いfault instability値を与える応力に高い評価を与えた．以上の計算には，Coulombの破壊基準に含まれる摩擦係数を仮定する必要がある．本研究は複数の摩擦係数の値を設定し，結果を比較した．

本手法を，新第三系～第四系を切る小断層群に適用したところ，分解能の向上が見られた．千葉県南東部の安房層群では，従来の手法では正断層型応力のみが検出されたが，本手法では逆断層型応力もあわせて検出された．大分県別府湾周辺の碩南層群では，従来の手法で南北引張応力のみが得られていたところ，東西引張応力も検出された．

References
Sato, K., 2016, Journal of Structural Geology, 89, 44-53.
Vavrycuk, V., Bouchaala, F. and Fischer, T., 2013, Tectonophysics, 590, 189-195.

キーワード：応力逆解析、小断層解析、滑り傾向
Keywords: stress tensor inversion, fault-slip analysis, fault instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

Focal mechanisms of the aftershocks of the 2000 Western Tottori Earthquake inferred from P wave first-motion data and spatial stress pattern

*岩田 貴樹[1]
*Takaki Iwata[1]

1. 常磐大学
1. Tokiwa University

A Bayesian approach to estimating a spatial stress pattern was developed [Iwata, 2018, JGR] (hereafter IW2018), and as an extension of this approach Iwata [2018, SSJ fall meeting] has proposed a method to infer focal mechanisms from P wave first-motion data and stress pattern estimated with the Bayesian approach. In this study, this method was applied to a real dataset taken from aftershocks of the 2000 Western Tottori earthquake.

The analyzed P wave first-motion dataset was retrieved from Kawanishi et al. [2009, JGR], which complied records from October 15 to November 30 in 2000. This dataset contains 47,570 P wave first-motions of 3592 events (for details see IW2018). The spatial pattern of stress field was taken from the result of IW2018 that also analyzed the same P wave first-motion dataset. The inferred focal mechanisms show rotation of the azimuth of P-axis around the main fault in the southern area; this feature has been seen in Yukutake and Iio [2017, EPS] and will be the reflection of the stress rotation found in the same area revealed by IW2018.

From the inferred focal mechanisms and spatial stress pattern, the normal and shear stress exerted on the fault plane was evaluated. Then, following the method of Terakawa [2010, Geology], fluid pressure for each of the events was estimated. Two datasets of the fluid pressure in the northern and southern areas of the aftershock areas were constructed and examined whether the two datasets follow the same distribution with the Kolmogorov-Smirnov test. Consequently, the test revealed that the fluid pressure in the southern area is significantly larger than that in the northern area, with a P-value of 1.6e-3.

キーワード：メカニズム解、応力場、応力回転、P波初動、空間統計、間隙流体圧
Keywords: focal mechanism, stress field, stress rotation, P wave first-motion, spatial statistics, fluid pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場
Stress tensor inversion in focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake, New Zealand

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8]
*Miu Matsuno[1], Tomomi Okada[1], Satoshi Matsumoto[2], Yuta Kawamura[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[1], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Townend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3. 京都大学防災研究所、4. GNS Science, New Zealand、5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8. University of Otago, Dunedin, New Zealand
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. GNS Science, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

本研究では、ニュージーランドの南島北部で発生したカイコウラ地震を研究対象とし、地震のメカニズム解を複数決定することによって、本震前後の応力場を求めた。この地域の応力場を求めた先行研究として佐藤(2017: 東北大学修士論文)があるが、本震断層面上で余震が多く起きている場合、断層面が偏りを持って分布している可能性があるため、本震断層面上で発生した余震メカニズム解の影響を検討する必要がある。そのため、Hamling et al. (2017)で設定された20の断層モデルと余震メカニズム解とのKagan角(Kagan, 1995)を用いて、断層面上で起きていると考えられる余震を取り除いた後、応力テンソルインバージョンを行った。

それぞれの余震に対し最も近い断層とのKagan角を求めた結果、多くの地震のKagan角はメカニズム解の誤差を超えるような大きい値を取り、余震には本震断層面以外で起きた地震も多く含まれると考えられる。

本震後の地震を用いた応力テンソルインバージョンの結果、南島北部のロンドンヒル断層付近の地域やKekerengu断層付近の地域では、Kagan角の閾値に依らず安定した横ずれ断層型となった。また水平最大圧縮軸方向はおよそN115Eであり、本震前について得られている方向と概ね変わらなかった。しかし、本震の震源付近の地域では複数断層が存在する地域であるためか、安定した応力場が得られなかった。今後は、本震の震源付近の地域や本震前の地震についてもメカニズム解を増やし、安定した応力場を得られるようにする必要がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8]
*Yuta Kawamura[1], Satoshi Matsumoto[1], Tomomi Okada[2], Miu Matsuno[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[2], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Twonend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 九州大学、2. 東北大学、3. 京都大学、4. ジー・エヌ・エスサイエンス、5. ヴィクトリア大学ウェリントン、6. カンタベリー大学、7. テラジオロジカ、8. オタゴ大学
1. Kyushu University, Shimabara, Japan, 2. Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Kyoto University, Uji, Japan, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

The Mw7.8 Kaikoura Earthquake struck the northeastern south island, New Zealand, on November 14, 2016. A lot of researchers have tried to explain the cause of this earthquake and revealed the structure in this area. Among variety of prior researches, Clark et al. (2017) argued that this earthquake, which produced surface deformation including uplift and complex surface rupture, was caused by 21 strike-slip, reverse and oblique slip faults. Cesca et al., (2017) proposed an earthquake fault model that consists of three faults in northern, central and southern part, based on the hypocenter distribution of aftershock activity. These studies suggested in common that this earthquake was provoked by multiple faults with complex rupture process.

We had installed 75 temporary seismic stations before the earthquake in the South Island, New Zealand in addition to GEONET stations. The seismic network has successfully recorded the mainshock and the following aftershocks. Here, we relocated the hypocenters of the events associated with the Kaikoura earthquake by using data obtained from the seismic network. The hypocenters was determined by the double difference hypocenter determination algorithm (i.e. HYPODD, Waldhauser and Ellsworth, 2000). The overall distribution of the hypocenters are distinguished into two clusters, northern and southern clusters. The hypocenter distribution in vertical cross section normal to the major alignment of the aftershocks in N54W reveals that the fault in southern part dips to eastward. On the other hand, although we find out a northern cluster in terms of horizontal projection, no obvious faults are recognized in the vertical cross-section, suggesting complex fault structure in the northern cluster.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

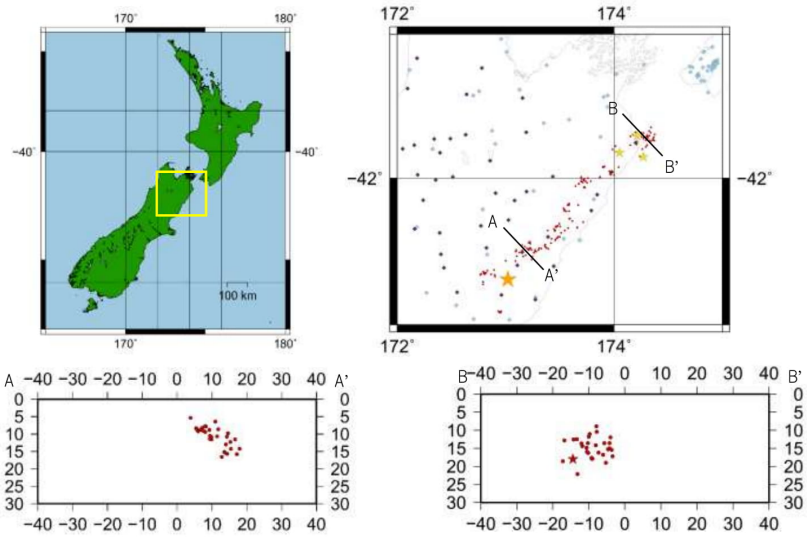


Fig. 1 Relocated hypocenter distribution in the South Island, New Zealand. Upper left) Index map of the target region. Yellow rectangle shows area displayed right map. Upper right) Map showing seismic stations and epicenters. Diamond and dot indicate location of station and event, respectively. Stars indicate epicenters for event with M > 6. Lower) Vertical cross sections along A-A' and B-B' in the upper right map. Other symbols are same as the upper right map.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling

*Sindy Carolina Lizarazo[1], Takeshi Sagiya[2], Hector Mora-Paez[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Geological Survey of Colombia

Colombia is located in a region of complex interactions among the Caribbean, Nazca and South American plates, as well as the North Andean and Panama-Choco blocks. As a consequence of this tectonic setting, active faulting and intense seismicity are occurring especially in the areas of plate subduction or collision. The GeoRED project by the Geological Survey of Colombia installed a permanent GPS network in Colombia to study the regional kinematics with an intention to improve disaster mitigation activities. An initial velocity field was obtained and discussed by Mora et al. (2019) based on data from 60 sites under the ITRF2008 reference frame.

Here we present an updated result of Colombian GPS velocity field with 80 sites. The daily coordinates are calculated under the ITRF2014 reference frame with GAMIT-GLOBK software. We calculate 3-dimensional velocities with HECTOR software (Bos et al., 2013) based on the daily coordinates for the period from January 2014 to March 2016. There was no earthquake larger than magnitude 6 in Colombia, so the velocity pattern represents that of the interseismic period. For this time period, enhancement of the permanent network provides a better spatial resolution of the deformation pattern in some regions.

The results show a general consistency with the previous study, demonstrating the correctness of the current approach. In addition, vertical components show a slight of coastal uplifts at a few mm/year along the Nazca subduction zone. These signals indicate the lower limit of the plate coupling on the plate interface and we discuss the interplate coupling based on the 3-dimensional velocity data. Also, a significant margin-normal contraction is identified along a part of the Caribbean subduction zone near Colombia-Panama border. However, the vertical signal is not significant compared to the horizontal contraction, indicating that the elastic coupling model may not be applicable to this area.

Keywords: GPS velocities, Interplate coupling, Subduction, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

微生物は過去から現在に至るまで、地球環境に大きな影響を及ぼしている。微生物生態学は微生物と周辺環境との相互作用を探求する分野であり、土壌、地下圏、海洋、湖沼、大気、宇宙、火山、地震活動域、鉱物などの地球惑星環境は、主要な研究対象である。本セッションでは、地球惑星環境での微生物の存在形式、微生物の機能、物質循環への関与など微生物が関与する地球惑星環境での様々な現象や地球惑星環境が微生物生態系におよぼす影響について、微生物生態学と地球惑星科学の間で情報交換を行うとともに多面的に議論する場の提供を目的とする。

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

Density separation of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1]
*Kohei Masaoka[1], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Yuhji Yamamoto[1]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Kochi University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海底堆積物には自然残留磁化（NRM）として，過去の地球磁場の方位や強度の変動が記録されている．このNRMはマグネタイトなどの磁性鉱物によって担われており，その起源は風成塵などの無機粒子に由来するものだけでなく，磁性細菌による生物由来マグネタイトにもある．NRMの20-30%が磁性細菌起源のマグネタイトによって担われているとの報告もあり（e.g. Yamazaki, 2012），その量的な重要性が指摘されている．しかし，磁性細菌起源のマグネタイトが堆積物形成時に当時の地球磁場を反映した残留磁化を獲得する過程，および，その残留磁化の性質については未解明の部分が多い．政岡ほか（2018JpGU；2018SGEPSS）では，磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1（以下MS-1）の分譲を受けて大量培養し，密度分離したMS-1の細胞群を用いて，これらの細胞群が堆積物形成のごく初期においてNRMを獲得するプロセスの模擬実験を行い，試料を作製した．この実験に用いられているMS-1の細胞群は，細胞内にマグネタイトを形成している個体の割合（マグネタイト形成率）が3 %程度と少ないことが透過型電子顕微鏡（TEM）観察により確認されており，模擬実験に影響を与えている可能性がある．

そこで，本研究では，マグネタイト形成率の高いMS-1の細胞群を用いて模擬実験を行うことを目指し，細胞内にマグネタイトを形成しているMS-1の細胞群を選択的に分離する方法について検討した．磁気的な方法を用いた分離の場合，回収時に加えられる磁力によって細胞内のマグネタイトの配列が乱され模擬実験に影響を与える可能性があるため，政岡ほか（2018JpGU）で行われている密度分離の方法を改良した．マグネタイトは一般的に5.2という比重をもつため，マグネタイト形成率が高い細胞群はそうでない細胞群に比べて比重が大きいはずである．政岡ほか（2018JpGU）では1.4 g/cm^{3}の比重をもつ80 %ナイコデンツ溶液のみで分離したが，分離後のマグネタイト形成率は3 %程度であった．本研究ではより細かい比重の差に対応するため，異なる濃度のナイコデンツ溶液（0, 40, 45, 47.5, 50, 60 wt%，1.0～1.3 g/cm^3）を用いて形成した密度勾配を用いた．遠心分離の後に目視で確認できた4層を上から順にフラクション1（F1），2（F2），3（F3），4（F4）として回収した．F1～F3にはMS-1の細胞群が確認されたが，F4には何も確認されなかった．F1からF3のTEM観察の結果，マグネタイト形成率はF1で0.3 %，F2で7.2 %，F3で16.3 %であった．いずれのフラクションにおいても細胞内のマグネタイトの粒径は40-50 nm程度で，20-40個が鎖状に連なっている様子が確認された．TEM観察を行うとともに関連する磁気的実験も行ったので，本発表ではこれらについて報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1]

1. Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The structure of marine planktonic cyanobacterial communities in coastal habitats can strongly influence rates and fluxes of coastal carbon cycling. Biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacterial assemblages were elucidated from four coastal habitats namely, Baltic Sea (BL), Monterey Bay (MB), South China Sea (SCS) and Sundarbans (SB) based on deep phylogeny of 16S rRNA sequences generated using next generation sequencing and Sanger sequencing approaches. Based on 16S rRNA phylogeny, four major taxonomic orders of marine planktonic cyanobacteria were recovered in varying proportions with several novel 16S rRNA sequences in each of the four targeted habitats. Members of the order Synechococcales were dominant in all the habitats (−94% sequences) while the orders Chroococcales and Oscillatoriales were only detected in SB and SCS, respectively. In the phylogenetic tree, *Synechococcus*-like sequences showed overwhelming dominance in SB and they were found in three other habitats. *Prochlorococcus*-like sequences were found in sizeable number in MB and SCS but were absent in SB and coastal BL. *Synechococcus*-like sequences were represented by three major marine clusters (5.1, 5.2, and 5.3). Three novel clades as part of *Synechococcus* cluster were detected only in SB and one novel clade in BL. These clades could have potential functional significance in coastal carbon cycling. Interestingly, cultured based approaches also revealed a new species of *Synechococcus*, *Synechococcus moorigangaii* from SB which has the ability to grow across a range of salinity and metabolize different forms of nitrogen as well as fix di-nitrogen. This reflects the potential vast unexplored functional diversity of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats which needs to be identified and can help towards understanding of export of carbon in coastal oceans. Overall the study has revealed that majority of the marine planktonic cyanobacterial OTUs were found to be exclusive to each habitat, whereas some were shared by two or more habitats based on beta-diversity analysis.

Keywords: Coast, marine planktonic cyanobacteria, diversity, 16S rRNA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

The precise structure of “unsaturated” archaeol derivatives in the halophilic archaea lipid-core

*山内 敬明[1]
*Noriaki YAMAUCHI[1]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

アーキアは全て特徴的な脂質コアであるアーキオール（C_{20}イソプレノイドジエーテル）(**1**)を持っている。さらに好塩性アーキアはC_{25}イソプレノイドを一つ持つC_{25}-C_{20}ジエーテルを生産する[1]。幾つかの超好塩性アーキアでは，アーキオールとC_{25}-C_{20}ジエーテルおよびその不飽和体が生産され，高塩分培養条件下で不飽和化合物の割合が増加する[2]。昨年度本年会にてこのアーキオール誘導体の真の構造について，推定される４つの二重結合の位置異性体を化学的に合成し，Dawsonの提唱する構造の化合物**2**　ではないこと，イソプレノイドの末端側に二重結合を持った**3**または**4**であると推定した[3]。

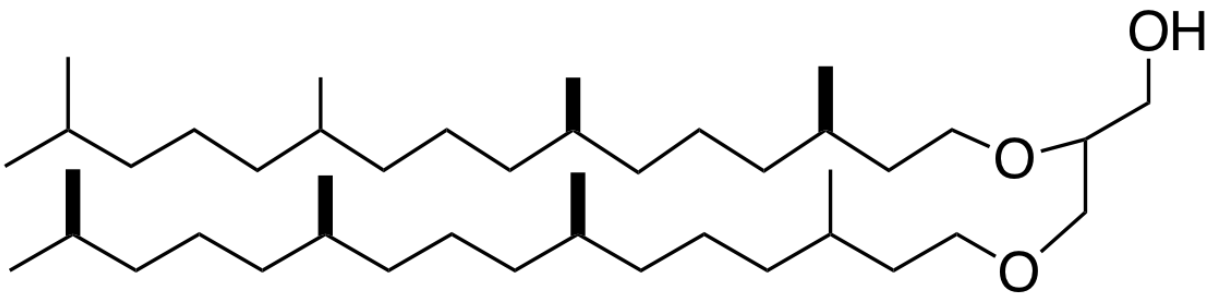
このアーキオール誘導体の真の構造について最終決定を目論み，この不飽和ジエーテルを生産するアーキア*Haloferax sulfrifonis*の培養と脂質抽出で得たコア脂質の分析を行い，そのトリメチルシリル（TMS）エーテル誘導体のマススペクトルを比較した。

微生物脂質コア分析試料からは，Dawsonの不飽和ジエーテルの分析で不飽和結合が一つとされると目される化合物は存在したが，それの質量分析の結果は合成化合物の**2**に類似した質量分析スペクトルを示し，さらに，もう少し飽和ジエーテルに近い保持時間を持つ位置に**4**に非常に近いマススペクトルを示す化合物が存在した。つまりDawsonの文献で示される二つの二重結合を持った不飽和化合物と目されるものが実は**2**であること，一方**4**も存在することもわかった。これは二重結合の位置異性体が異なるものが存在し，この不飽和結合の存在はヒドロキシアーキオール合成にも，またC_{40}テトラエーテル形成に関わるものも生合成している，ないしはこの二重結合は後成的に，あまり特異的でなく生成している可能性もある。C_{20}-C_{25}不飽和ジエーテルを作るとされるアーキアのコア脂質も分析し，その結果についても報告予定である。

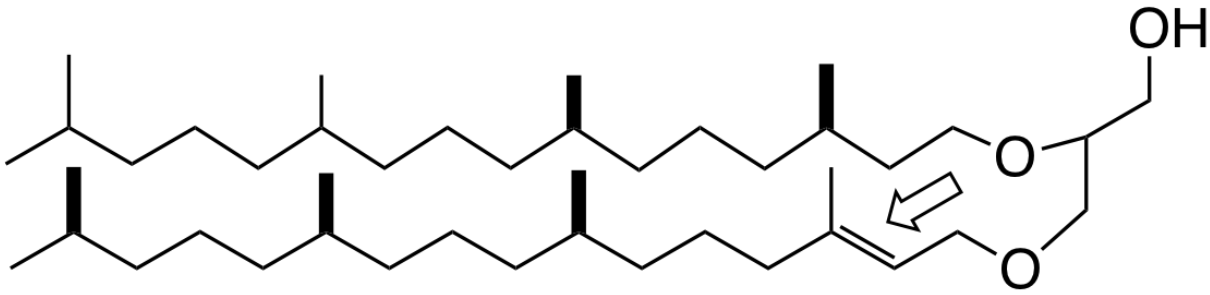
[1]De Rosa *et al., J. Gen. Microbiol.*, **128**, 343 (1982).
[2] Dawson *et al. Org. Geochem.*, **48**, 1 (2012).
[3] Yamauchi (2018) *JpGU meeting 2018* BBG03-P08.

キーワード：好塩性アーキア、アーキオール、エーテル脂質
Keywords: halophilic archaea, archaeologists, ether lipid

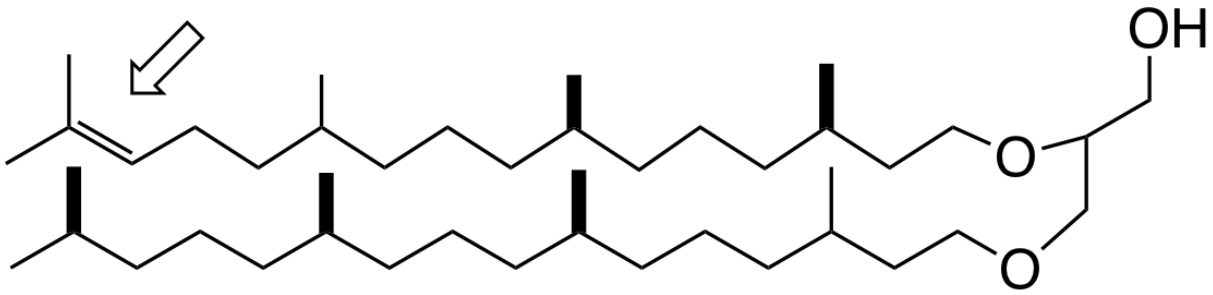
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



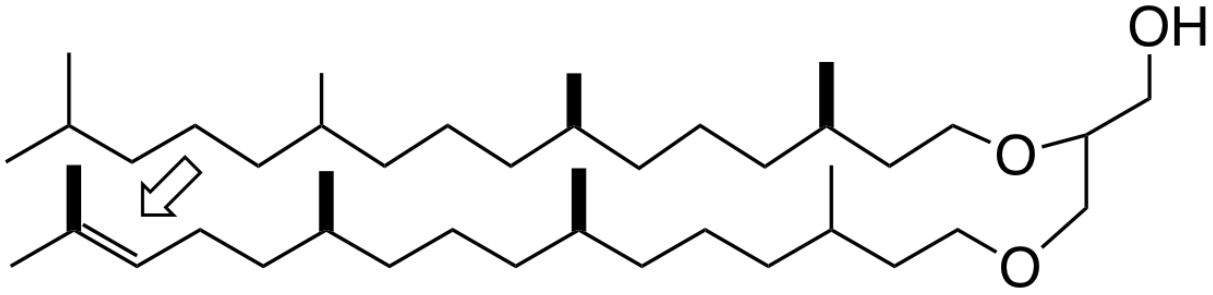
1



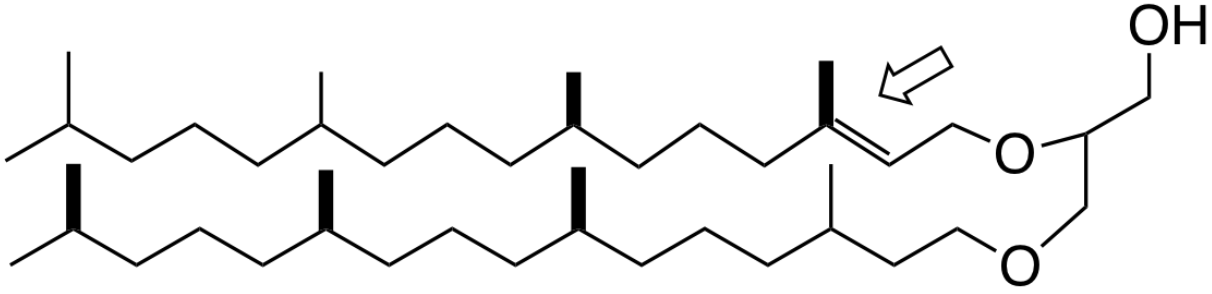
2



3



4



5

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定
Estimation of microbial chemosynthesis efficiency in deep sea hydrothermal plume

*砂村 倫成[1]
*Michinari Sunamura[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. University of Tokyo Dept. of Earth & Planetary Science

深海の熱水プルーム中では、硫黄酸化微生物に代表される、無機炭素から有機物を合成できる化学合成微生物が卓越し、表層光合成由来の有機物を超える有機物供給源とする試算もある。海底下からの熱水に含まれる化学成分の99%以上は深海海水中に放出され、熱水プルームを形成すること、また熱水と海水の混合により得られるエネルギーは25℃以下の低温域で最も効率がよいとされることから、熱水プルーム中での微生物生産量を見積もることは重要である。熱水プルーム中の微生物化学合成量の見積もりには、化学合成微生物の動態や機能を、熱水プルーム形成の物理化学過程とともに解析する必要がある。そこで、熱水プルームの形成過程と化学環境を解析し、それらと微生物の動態を組み合わせて微生物増殖過程における熱水エネルギー利用効率を推定した。熱水プルームの形成過程には、カルデラ等の地形、深層の海流の強さによるかき混ぜ効果、周辺海水の密度鉛直構造が関係する。微生物の組成は熱水の化学成分によって規定されるが、微生物の増加量もこれらの物理要因に影響をうけることが示唆された。

キーワード：微生物生態、群集構造、熱水プルーム、深海
Keywords: microbial ecology, community structure, hydrothermal plume, deep sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

微生物は過去から現在に至るまで、地球環境に大きな影響を及ぼしている。微生物生態学は微生物と周辺環境との相互作用を探求する分野であり、土壌、地下圏、海洋、湖沼、大気、宇宙、火山、地震活動域、鉱物などの地球惑星環境は、主要な研究対象である。本セッションでは、地球惑星環境での微生物の存在形式、微生物の機能、物質循環への関与など微生物が関与する地球惑星環境での様々な現象や地球惑星環境が微生物生態系におよぼす影響について、微生物生態学と地球惑星科学の間で情報交換を行うとともに多面的に議論する場の提供を目的とする。

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

Density separation of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1]
*Kohei Masaoka[1], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Yuhji Yamamoto[1]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Kochi University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海底堆積物には自然残留磁化（NRM）として，過去の地球磁場の方位や強度の変動が記録されている．このNRMはマグネタイトなどの磁性鉱物によって担われており，その起源は風成塵などの無機粒子に由来するものだけでなく，磁性細菌による生物由来マグネタイトにもある．NRMの20-30%が磁性細菌起源のマグネタイトによって担われているとの報告もあり（e.g. Yamazaki, 2012），その量的な重要性が指摘されている．しかし，磁性細菌起源のマグネタイトが堆積物形成時に当時の地球磁場を反映した残留磁化を獲得する過程，および，その残留磁化の性質については未解明の部分が多い．政岡ほか（2018JpGU；2018SGEPSS）では，磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1（以下MS-1）の分譲を受けて大量培養し，密度分離したMS-1の細胞群を用いて，これらの細胞群が堆積物形成のごく初期においてNRMを獲得するプロセスの模擬実験を行い，試料を作製した．この実験に用いられているMS-1の細胞群は，細胞内にマグネタイトを形成している個体の割合（マグネタイト形成率）が3 %程度と少ないことが透過型電子顕微鏡（TEM）観察により確認されており，模擬実験に影響を与えている可能性がある．

そこで，本研究では，マグネタイト形成率の高いMS-1の細胞群を用いて模擬実験を行うことを目指し，細胞内にマグネタイトを形成しているMS-1の細胞群を選択的に分離する方法について検討した．磁気的な方法を用いた分離の場合，回収時に加えられる磁力によって細胞内のマグネタイトの配列が乱され模擬実験に影響を与える可能性があるため，政岡ほか（2018JpGU）で行われている密度分離の方法を改良した．マグネタイトは一般的に5.2という比重をもつため，マグネタイト形成率が高い細胞群はそうでない細胞群に比べて比重が大きいはずである．政岡ほか（2018JpGU）では1.4 g/cm^{3}の比重をもつ80 %ナイコデンツ溶液のみで分離したが，分離後のマグネタイト形成率は3 %程度であった．本研究ではより細かい比重の差に対応するため，異なる濃度のナイコデンツ溶液（0, 40, 45, 47.5, 50, 60 wt%，1.0～1.3 g/cm^3）を用いて形成した密度勾配を用いた．遠心分離の後に目視で確認できた4層を上から順にフラクション1（F1），2（F2），3（F3），4（F4）として回収した．F1～F3にはMS-1の細胞群が確認されたが，F4には何も確認されなかった．F1からF3のTEM観察の結果，マグネタイト形成率はF1で0.3 %，F2で7.2 %，F3で16.3 %であった．いずれのフラクションにおいても細胞内のマグネタイトの粒径は40-50 nm程度で，20-40個が鎖状に連なっている様子が確認された．TEM観察を行うとともに関連する磁気的実験も行ったので，本発表ではこれらについて報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1]

1. Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The structure of marine planktonic cyanobacterial communities in coastal habitats can strongly influence rates and fluxes of coastal carbon cycling. Biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacterial assemblages were elucidated from four coastal habitats namely, Baltic Sea (BL), Monterey Bay (MB), South China Sea (SCS) and Sundarbans (SB) based on deep phylogeny of 16S rRNA sequences generated using next generation sequencing and Sanger sequencing approaches. Based on 16S rRNA phylogeny, four major taxonomic orders of marine planktonic cyanobacteria were recovered in varying proportions with several novel 16S rRNA sequences in each of the four targeted habitats. Members of the order Synechococcales were dominant in all the habitats (−94% sequences) while the orders Chroococcales and Oscillatoriales were only detected in SB and SCS, respectively. In the phylogenetic tree, *Synechococcus*-like sequences showed overwhelming dominance in SB and they were found in three other habitats. *Prochlorococcus*-like sequences were found in sizeable number in MB and SCS but were absent in SB and coastal BL. *Synechococcus*-like sequences were represented by three major marine clusters (5.1, 5.2, and 5.3). Three novel clades as part of *Synechococcus* cluster were detected only in SB and one novel clade in BL. These clades could have potential functional significance in coastal carbon cycling. Interestingly, cultured based approaches also revealed a new species of *Synechococcus*, *Synechococcus moorigangaii* from SB which has the ability to grow across a range of salinity and metabolize different forms of nitrogen as well as fix di-nitrogen. This reflects the potential vast unexplored functional diversity of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats which needs to be identified and can help towards understanding of export of carbon in coastal oceans. Overall the study has revealed that majority of the marine planktonic cyanobacterial OTUs were found to be exclusive to each habitat, whereas some were shared by two or more habitats based on beta-diversity analysis.

Keywords: Coast, marine planktonic cyanobacteria, diversity, 16S rRNA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

The precise structure of “unsaturated” archaeol derivatives in the halophilic archaea lipid-core

*山内 敬明[1]
*Noriaki YAMAUCHI[1]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

アーキアは全て特徴的な脂質コアであるアーキオール（C_{20}イソプレノイドジエーテル）(**1**)を持っている。さらに好塩性アーキアはC_{25}イソプレノイドを一つ持つC_{25}-C_{20}ジエーテルを生産する[1]。幾つかの超好塩性アーキアでは，アーキオールとC_{25}-C_{20}ジエーテルおよびその不飽和体が生産され，高塩分培養条件下で不飽和化合物の割合が増加する[2]。昨年度本年会にてこのアーキオール誘導体の真の構造について，推定される４つの二重結合の位置異性体を化学的に合成し，Dawsonの提唱する構造の化合物**2**　ではないこと，イソプレノイドの末端側に二重結合を持った**3**または**4**であると推定した[3]。

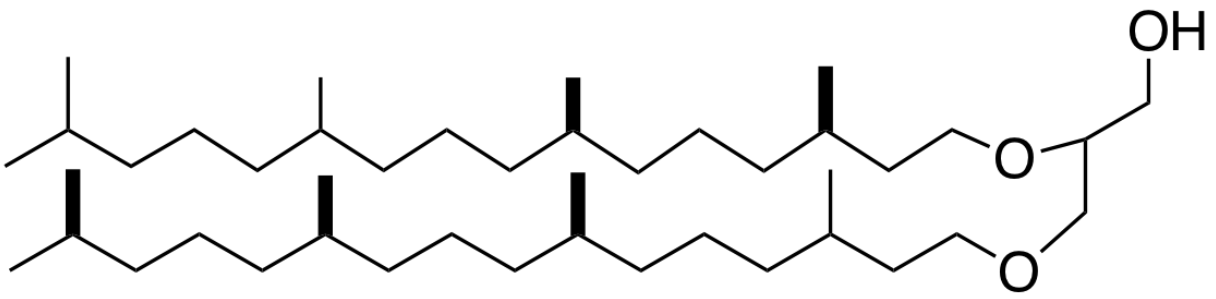
このアーキオール誘導体の真の構造について最終決定を目論み，この不飽和ジエーテルを生産するアーキア*Haloferax sulfrifonis*の培養と脂質抽出で得たコア脂質の分析を行い，そのトリメチルシリル（TMS）エーテル誘導体のマススペクトルを比較した。

微生物脂質コア分析試料からは，Dawsonの不飽和ジエーテルの分析で不飽和結合が一つとされると目される化合物は存在したが，それの質量分析の結果は合成化合物の**2**に類似した質量分析スペクトルを示し，さらに，もう少し飽和ジエーテルに近い保持時間を持つ位置に**4**に非常に近いマススペクトルを示す化合物が存在した。つまりDawsonの文献で示される二つの二重結合を持った不飽和化合物と目されるものが実は**2**であること，一方**4**も存在することもわかった。これは二重結合の位置異性体が異なるものが存在し，この不飽和結合の存在はヒドロキシアーキオール合成にも，またC_{40}テトラエーテル形成に関わるものも生合成している，ないしはこの二重結合は後成的に，あまり特異的でなく生成している可能性もある。C_{20}-C_{25}不飽和ジエーテルを作るとされるアーキアのコア脂質も分析し，その結果についても報告予定である。

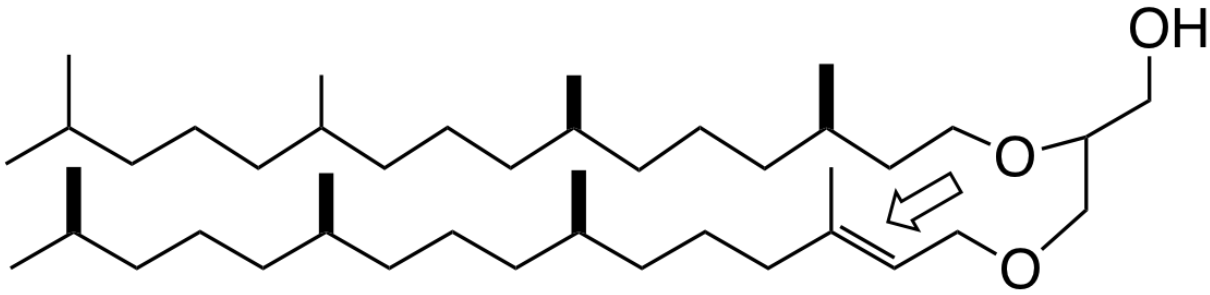
[1]De Rosa *et al., J. Gen. Microbiol.*, **128**, 343 (1982).
[2] Dawson *et al. Org. Geochem.*, **48**, 1 (2012).
[3] Yamauchi (2018) *JpGU meeting 2018* BBG03-P08.

キーワード：好塩性アーキア、アーキオール、エーテル脂質
Keywords: halophilic archaea, archaeologists, ether lipid

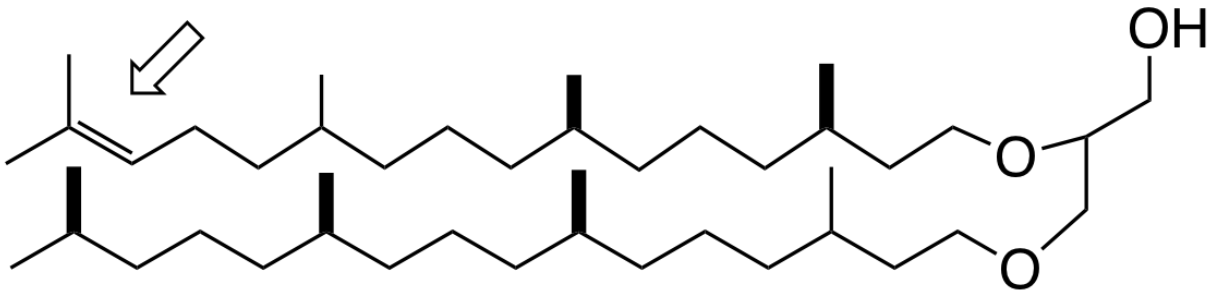
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



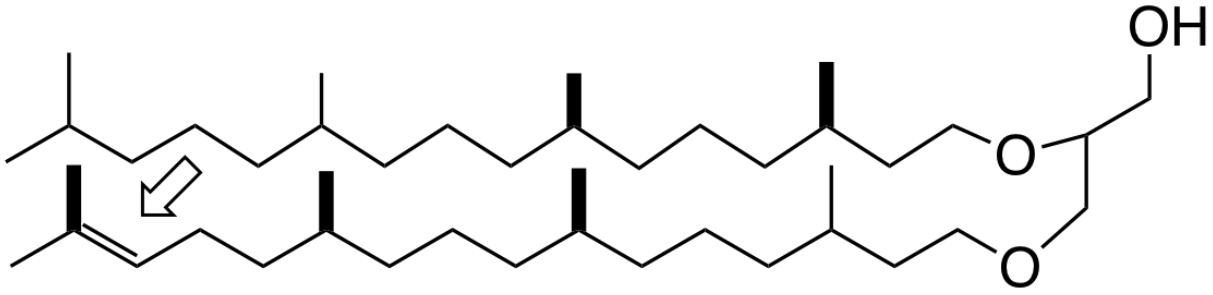
1



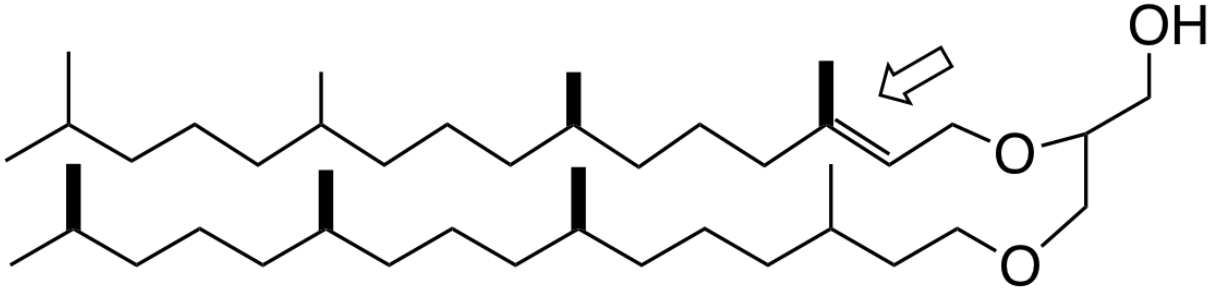
2



3



4



5

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定
Estimation of microbial chemosynthesis efficiency in deep sea hydrothermal plume

*砂村 倫成[1]
*Michinari Sunamura[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. University of Tokyo Dept. of Earth & Planetary Science

深海の熱水プルーム中では、硫黄酸化微生物に代表される、無機炭素から有機物を合成できる化学合成微生物が卓越し、表層光合成由来の有機物を超える有機物供給源とする試算もある。海底下からの熱水に含まれる化学成分の99%以上は深海海水中に放出され、熱水プルームを形成すること、また熱水と海水の混合により得られるエネルギーは25℃以下の低温域で最も効率がよいとされることから、熱水プルーム中での微生物生産量を見積もることは重要である。熱水プルーム中の微生物化学合成量の見積もりには、化学合成微生物の動態や機能を、熱水プルーム形成の物理化学過程とともに解析する必要がある。そこで、熱水プルームの形成過程と化学環境を解析し、それらと微生物の動態を組み合わせて微生物増殖過程における熱水エネルギー利用効率を推定した。熱水プルームの形成過程には、カルデラ等の地形、深層の海流の強さによるかき混ぜ効果、周辺海水の密度鉛直構造が関係する。微生物の組成は熱水の化学成分によって規定されるが、微生物の増加量もこれらの物理要因に影響をうけることが示唆された。

キーワード：微生物生態、群集構造、熱水プルーム、深海
Keywords: microbial ecology, community structure, hydrothermal plume, deep sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] **The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a**

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

Geochemical studies for seawater/rock interaction recorded on the submarine lava flows of 12 Ma in the *Hokuroku* district in Akita, Japan and their implication to phosphorus cycle on the modern ocean floor

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1]
*Tsukasa Sai[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

The phosphorus cycle on the modern surface environments of the Earth's is unclear. Many researchers consider that submarine basaltic rocks scavenge phosphorus by seawater/rock interaction. However, this argument is not supported by global data. In addition, uncertainties exist as to if submarine felsic rocks scavenge phosphorus during seawater/rock interaction. Thus, the purpose of this study is set to examine phosphorus behavior during seawater/rock interaction of submarine basalt and rhyolite, which ages are ca. 12 Ma. The samples are collected in the *Hokuroku* district in Akita prefecture: *Furutobe(basalt)*, *Oshigenaisawa(rhyolite)*, and *Hanaokanashizaka(basalt)*. Differences are examined in minerals and chemical compositions between outer and inner parts of basaltic pillow lava. Mineralogy and chemistry of single rhyolitic lava are examined according with different alteration patterns.
XRF analyses on bulk rock samples suggest basalt and rhyolite lost Si, Na, Ca with progress of submarine alteration. Basalt added Mg and Fe, and rhyolite added Mg and K during the same alteration. These results are consistent with combination of minerals identified by XRD and EPMA. The mobilization of elements in basalts from Furutobe is differ from others because Furutobe basalt suffered additional submarine hydrothrmal alteration.
It was found that basalt lost P, while rhyolite added P. Apatite and microcrystals of P-bearing unknown minerals are observed in basalt. In rhyolite, it is observed euhedral and anhedral crystals of 10-100 μm such as apatite, monazite, and xenotime. Primary apatite is observed in rhyolite phenocrysts, such as quartz, plagioclase, magnetite, ilmenite, and zircon. Secondary phosphate minerals are observed in vein, chalcedony developed in plagioclase pseudomorph, and Fe-bearing minerals. These clearly indicate the addition of phosphorus in altered rhyolite during seawater/rock interaction, and most likely phosphorus was supplied from seawater.
Therefore, it is suggested that basalt can supply phosphorus in ocean water as submarine alteration advanced, and rhyolite is a sink of phosphorus in the ocean floor. This knowledge is different from an established hypothesis that oceanic igneous rocks are sink of phosphorus.

キーワード：リン、海底変質作用、流紋岩、玄武岩
Keywords: Phosphorus, Submarine alteration, Rhyolite, Basalt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出
Detection of methylphosphonate and phosphite contained in suspended particles in spring water

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2]
*Kazuma Tsuji[1], Masahiro Maruo[3], Hajime Obata[2]

1. 滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 滋賀県立大学環境科学部
1. Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

はじめに：リンの生物循環を構成する過程において、メチルホスホン酸と亜リン酸がそれぞれ中間生成物として存在することが知られている。海洋では水中のバクテリアが、細胞中でメチルホスホン酸、亜リン酸を合成している可能性が示された（Van Mooy et al.2015）。淡水域でも、強いリン制限下にある西湖(山梨県)の表水層においてシアノバクテリア*Synechococcus*がメチルホスホン酸を代謝している可能性が強く示唆された（岩田、2014）。しかし、天然水中に存在するメチルホスホン酸及び亜リン酸は極低濃度と考えられており、実際に天然水中からこれらの化合物を検出したという報告はない。本研究では，メチルホスホン酸及び亜リン酸の高感度定量法を開発し、琵琶湖水および湧水中からの検出を試みた。

方法：イオンクロマトグラフィーを用いて、リン制限下湖水中の極微量リン酸イオンを定量するための条件を改良し、メチルホスホン酸、亜リン酸の定量を可能にした（Maruo et al., 2016、辻ほか、印刷中）。米原市世継の湧水群「かなぼう」と琵琶湖K1地点(最大水深8m、深度：6m)で、それぞれ2018年11月4日と同年11月6日に試水を採取した。以下の方法により、懸濁物中に含まれるメチルホスホン酸及び亜リン酸の抽出を試みた。孔径0.2 μmのポリカーボネート製メンブランフィルター(Nuclepore: Whatman)で試水1.5 Lをろ過した。ガラス瓶にそのフィルターとMQW 25mLを入れ、蓋をしめてウォーターバス(60)中で1時間加熱した。この抽出液を孔径0.2 μmのディスク型メンブランフィルター(IC ACRODISC, Pall)でろ過した。このろ液を懸濁物(主として微生物)中のリン化合物定量に用いた。これとは別に試水を採取直後にカプセルフィルター(SUPOR Acropak 200 Capsule Filter, Pall: 孔径0.8/0.2 μm)でろ過したもの溶存態試料とした。

結果と考察：湧水地「かなぼう」の懸濁物抽出試料からメチルホスホン酸(4.8 nM)及び亜リン酸(3.6 nM)が検出された(水中の濃度に換算)。また、琵琶湖K1地点の懸濁物抽出試料からも亜リン酸(23 nM)が検出された。両地点の溶存態試料からメチルホスホン酸および亜リン酸は検出されなかった。両成分は極微量であり、水中には放出されていないか、直ちに利用されているものと考えられる。生物体内に含まれるメチルホスホン酸および亜リン酸は、他の水域でもイオンクロマトグラフィーを用いて定量できる可能性が高い。

参考文献

岩田智也（2014）湖沼表層に出現するメタン極大層の形成パターンと好気的生成機構の解明．科学研究費助成事業研究成果報告書　課題番号23681003.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

辻一真、丸尾雅啓、小畑元（2019）イオンクロマトグラフィーを用いる天然水中極微量メチルホスホン酸の定量．分析化学 68(4), 印刷中．

Maruo M, Ishimaru M, Azumi Y, Kawasumi Y, Nagafuchi O, Obata H (2016) Comparison of soluble reactive phosphorus and orthophosphate concentrations in river waters. Limnology 17(1):7-12.

Van Mooy BAS, Krupke A, Dyhrman ST, Fredricks HF, Frischkorn KR, Ossolinski JE, Repeta DJ, Rouco M, Seewald JD, Sylva SP (2015) Major role of planktonic phosphate reduction in the marine phosphorus redox cycle. Science 348(6236): 783-785.

キーワード：メチルホスホン酸、亜リン酸、イオンクロマトグラフィー
Keywords: Methylphosphonate, Phosphite, Ion chromatography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1], Yongsheng Xu[1], Ichio Asanuma[2]

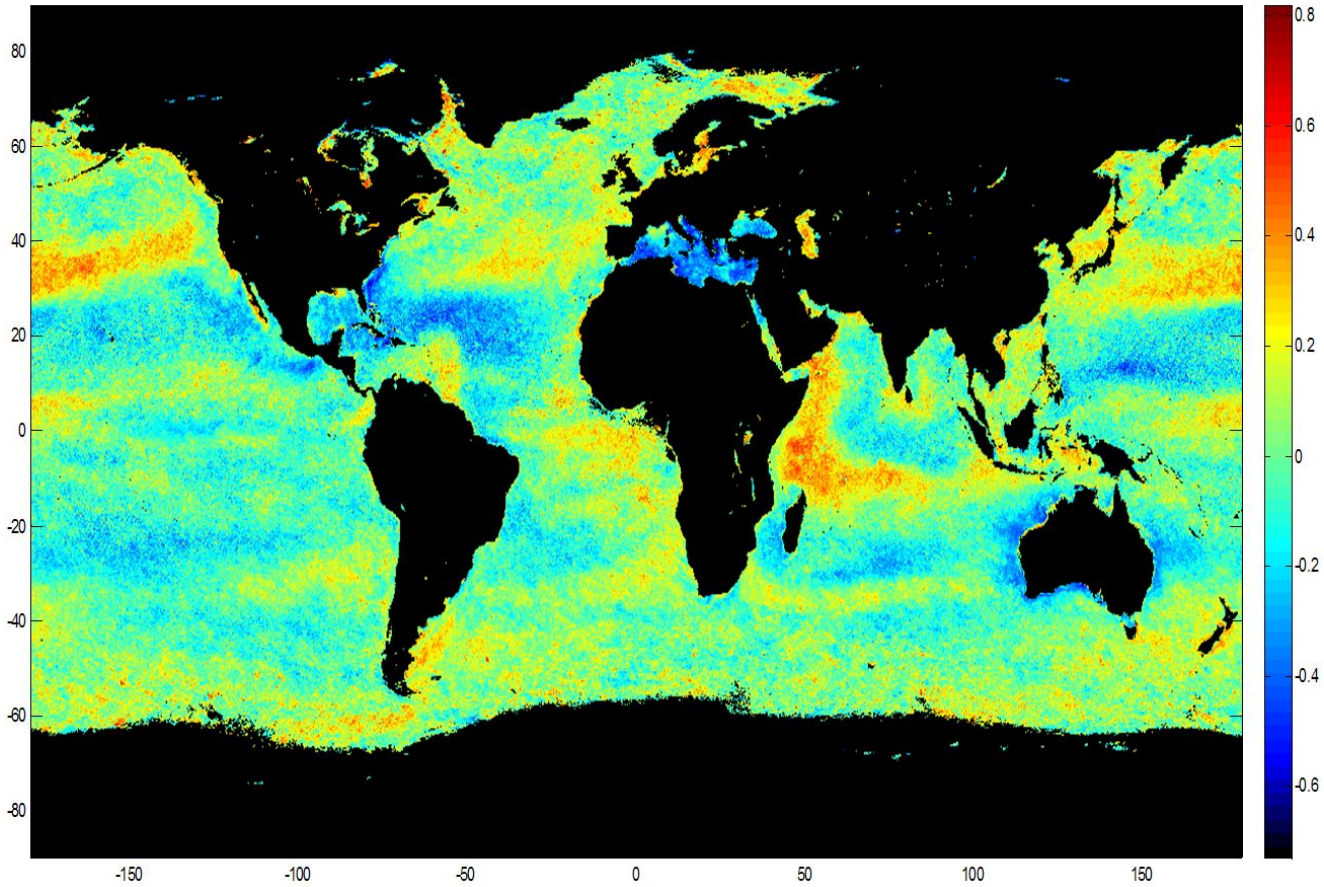
1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2. Tokyo University of Information Sciences

Chlorophyll-a concentration (Chl-a) has a close relationship with the nutrients and the atmospheric sedimentation is a good source for the nutrients of the sea. Moreover, the value of aerosol optical thickness (AOT) can stand for atmospheric sediment concentration. So, there should be a coupling relationship between AOT and Chl-a. The correlation analysis between AOT and Chl-a had been early assessed by previous works. For example, in South China Sea and Greenland Sea, the data analysis revealed that AOT had a big impact on the biogeochemistry of the South China Sea and there was a time-lag correlation between AOT and Chl-a in Greenland Sea.

Using 12 years' of AOT and Chl-a data from the NASA/MODIS and SeaWiFS sensors, we've studied the distributions and the coupling relationship between AOT and Chl-a all over the world. The correlation map shows some interesting areas on the earth. It is found that the highest positive correlation areas of the AOT and Chl-a time series are in the east coastal area of Africa, Baltic Sea, Caspian Sea and the band area in the Pacific between south Japan and San Francisco of USA; the highest negative correlation areas of the Chl-a and AOT time series are in The Mediterranean, west-south and east-south coastal areas of Australia.
Moreover, we analyze 10 years of measurements of SSH fields and concurrent satellite measurements of upper-ocean CHL to show that mesoscale eddies exert a strong influence on the CHL field.

Keywords: Chlorophyll-a concentration, Aerosol optical thickness, Sea surface height, Mesoscale eddy, Coupling relationship

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸
Glyoxylate from CO atmosphere via UV photochemistry

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2]
*Kenta Isoda[1], Xiaofeng Zang[1], Yuichiro Ueno[1,2]

1. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2. 東京工業大学 地球生命研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth Life-Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Glyoxylate could be an important compound, which can initiate a simple autocatalytic cycle and may possibly evolve to synthesize amino acids, nucleobase, pentose etc. (Eschenmoser, 2007a). However, constant supply of glyoxylate is an issue for the prebiotic environment. In this study, we aim to understand the possible condition to supply glyoxylate continuously to support such an autocatalytic cycle. First, we have performed experimental study and demonstrated that glyoxylic acid can be synthesized photochemically under carbon monoxide atmosphere. On the other hand, the UV irradiation into formaldehyde solution does not yield glyoxylic acid, except for the presence of CO in the gas phase. These results indicate that glyoxylate is not produced from formaldehyde in solution but from CO in the gas phase probably through the 3 steps: (i) HCO radical is produced from the reaction between CO and H from H_2O photolysis; (ii) The HCO radical dimerize in the gas phase, to form $(CHO)_2$(glyoxal); and (iii) The $(CHO)_2$ is oxidized into HCOCOOH (glyoxylate). An additional experiment demonstrated that UV irradiation into pure glyoxal solution can yield glyoxylate, and thus indicate that the step (iii) can proceed in the solution. Consequently, our experimental results suggests that glyoxylate can be continuously provided from atmosphere into hydrosphere if the atmosphere is rich in CO.

キーワード：大気、光化学
Keywords: atmosphere, photochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1], Prasanta Sanyal[1], Sambit Ghosh[1]

1. Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The Deccan flood basalt eruption spans across the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) Boundary and records the largest
and the longest lava flows in the world. While the volcanism has been linked to the infamous K/Pg extinction,
however, its implications on the regional carbon budget are still not well constrained. Carbon isotope records in marine carbonates ($\delta^{13}C_{carb}$) and bulk organic matter ($\delta^{13}C_{org}$), coupled with carbon and hydrogen isotope records
of *n*-alkane ($\delta^{13}C_{alk}$ and δD_{alk} respectively) have been measured along with *n*-alkanes characterization from two
inter-trappean and one infra-trappean sedimentary sequence exposed south of the city of Rajahmundry, SE India
in order to evaluate the climatic and environmental response exacerbated by the volcanism in the marine and terrestrial realm. Overall, our data demonstrate major perturbations in the terrestrial and marine carbon cycle induced by the Deccan volcanism, with considerable environmental stress predating the K/Pg Boundary. Strong covariance between $\delta^{13}C_{org}$ and $\delta^{13}C_{carb}$ (r=-0.71) suggest that the dissolved inorganic carbon (DIC) in the shallow
marine environment was largely controlled by organic matter (OM) flux. The occurrence of large unresolved complex mixtures (UCM/n-alkane>>4) and hopanes (m/z 191) and steranes (m/z 217) in the limestones OM suggest considerable input from petroleum into the biomass. The upper part of the infra-trappean and lower parts of inter-trappean show considerable decreases in the marine $\delta^{13}C_{carb}$ values and have been inferred to occur from hydrocarbon assimilation by heterotrophs and early diagenesis of OM. Steady temporal increase in $\delta^{13}C_{carb}$ values and total organic carbon (TOC) content throughout the sequence imply increases in primary productivity, with the upper inter-trappean limestone marking the recovery phase. The $\delta^{13}C_{alk}$ values, coupled with the chain-length distribution pattern of *n*-alkanes and spore-pollen records exhibit significant turnovers in the vegetation community structure. High δD_{alk} values (~-110‰) indicate arid conditions before the deposition of mega flow episodes in Rajahmundry. Depletion in δD_{alk} values (~-150‰) observed in the middle part of the inter-trappean signifies a change to a humid condition. The increased rainfall prompted an upsurge in weathering that led to increases in freshwater influx (depletion in $\delta^{18}O_{carb}$ values) and higher terrestrial OM input (increase in long-chain *n*-alkanes). Atmospheric CO_2 concentration reconstructed from two paleosol horizons in the infra- and inter-trappean units respectively indicate major drawdown in pCO_2 across the main flow episode in Rajahmundry. It is speculated that the volcanism induced changes in pCO_2 was one of the main drivers for exacerbating changes in the carbon cycle.

Keywords: Deccan volcanism, carbon reservoir, n-alkane, stable isotope, Rajahmundry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

Organic matter around Miocene Kuroko ore deposits: Implications to Archean submarine hydrothermal microbial community

*掛川 武[1]
*Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

Kuroko ore deposits were products of black smoker activities at 15 Ma paleo-Japan Sea. Kuroko is often covered by organic-rich sedimentary rocks, but details of these organic matter have not been unclear. Here I report analytical results of stable isotopes, Raman spectroscopy and bitumen compositions of organic matter around Miocene Kuroko deposits.

In general, all geochemical characteristics of organic matter were uniform in the same horizon of Kuroko deposits. On the other hand, H/C ratios and Raman spectroscopic data suggest that organic matter were extensively graphitized by thermal degradation only around Kuroko. More ^{12}C- and ^{14}N-enriched features are found in Kuroko-associated kerogen and bitumen. Such stable isotope data suggest the presence of chemoautotrophs, which utilized hydrothermal $CH_4$and NH_3. However, geochemical and geological characteristics of the examined samples suggest that hydrothermal $CH_4$and NH_3were produced by thermal degradation of sedimentary organic matter, which are mainly derived from photoautotrophs. This further suggests that chemoautotrophs at Kuroko were not independent and had strong connection to surface photoautotrophs.

Organic matter enriched in ^{12}C and ^{14}N are ubiquitous around many middle-Archean Kuroko ore deposits. Such stable isotope compositions also imply the presence of submarine hydrothermal microbial communities. However, ^{12}C- and ^{14}N-depleted organic matter, which most likely represent photoautotrophs, are also common around Archean Kuroko deposits. Such contrast stable isotope characteristics suggest that deep submarine chemoautotrophs already had linkages to surface photoautotrophs since Archean age.

キーワード：黒鉱、化学合成、安定同位体
Keywords: Kuroko, Chemoautotroph, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度
Formation and solubility of hydrous carbonates formed in alkaline lakes under freezing condition

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1]
*TAKUMA KITAJIMA[1], Haruna Matsumiya[1], Keisuke Fukushi[1]

1. 金沢大学
1. kanazawa university

アルカリ塩湖は、湖水中の炭酸成分を炭酸塩鉱物の形成によって固定する。湖水に含まれる炭酸成分は大気CO_2由来であるため、地球表層における炭素循環においてアルカリ塩湖が重要な役割をはたしていることが注目されている(Finley et al 2015; Fukushi and Matsumiya 2018)。

自然界で一般的に認められる炭酸塩鉱物はカルシウム塩のカルサイトやアラゴナイトである。一方、塩湖環境では直接溶液から生成する炭酸塩鉱物の多くがモノハイドロカルサイト(MHC)であることが報告されている(Fukushi et al.2012)。MHCは化学式$CaCO_3 \cdot H_2O$で表される準安定な炭酸塩鉱物の一種である(Munemoto and Fukushi, 2008)。MHCの生成には非晶質マグネシウム炭酸塩(AMC)の共存が必要であることが分かっている(Nishiyama et al., 2013; Fukushi et al., 2017)。

Fukushi and Matsumiya, (2018)では、塩湖環境を模した溶液中におけるモノハイドロカルサイト(MHC)と非晶質Mg炭酸塩(AMC)の溶解度を25℃・大気CO_2分圧下で実験的に求め、自然界のアルカリ塩湖の水質がMHCとAMCの生成過程に支配されていることを明らかにした。しかし、大陸内部の乾燥寒冷地域に存在するアルカリ塩湖は冬季に結氷し、高緯度地域では一年間の半分以上が結氷している。

多くのイオンは氷結により液相に排除されるため、結氷に伴い液相にはイオン濃度の増加が生じることが予想される。したがって、湖の結氷によって鉱物生成が引き起こされる可能性は否定できない。また、結氷により大気と水溶液の隔離が生じると考えられる。すると、大気CO_2分圧と平衡であった湖水は著しい低CO_2分圧環境に変化することが推測される。さらに、氷が生成されるほどの低温環境は生成する鉱物種に影響を与える可能性があることに加え、その物質の溶解度、反応速度など物理化学的性質に対して大きな影響を及ぼす。したがって、25℃・大気CO_2分圧下だけでは実際の塩湖環境を議論するには不十分であると考えた。そこで、本研究では二つの目的を定めた。一つは、塩湖環境を模した水溶液を用いて、溶液周囲の環境温度の変化(5~50℃)と著しく低いCO_2分圧環境で沈澱生成する炭酸塩鉱物種を明らかにすること。二つ目は、生成した炭酸塩鉱物種によって支配される水質を推測するため、生成炭酸塩の溶解度を見積もることである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2]
*Tadashi Yokoyama[1], Naoki Nishiyama[2]

1. 広島大学大学院総合科学研究科、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

When water infiltrates rock pores, dissolution occurs at the contact site of water and mineral. In many cases rock pores near the ground surface are not fully saturated with water and a portion of pores is filled with air. In order to study how the presence of air in pores affects the reactivity of each rock-forming mineral, the amounts of elements leached out from the rock were compared for water-saturated condition and unsaturated condition by using a core of Berea sandstone. The sandstone consists mainly of quartz with several percentages of feldspar, carbonates, and clays. In the case of the saturated condition, initially pores were saturated with water by vacuum treatment, then water was passed through the core at a constant water head difference. In the case of the unsaturated condition, water was passed through a dry core. After the onset of the experiment under the unsaturated condition, water saturation (the fraction at which pore volume is saturated with water) became ~60% almost immediately (air 40%), and gradually increased and reached ~100% after 9 days passed. Dissolution rates of Si and Ca (amount of dissolution per unit time per whole rock) were determined by measuring the concentrations of dissolved Ca and Si in leachates. The difference in dissolution rate between unsaturated condition and saturated condition was generally greater in the case of Ca than that of Si. This appears to be due to the difference of wettability of silicates and carbonate. Probably silicates were more easily wet and many silicate surfaces dissolved even under the presence of air, while dissolution of carbonate was diminished due to the absence of water contact or the insufficient flushing of Ca in the wetting film of the carbonate surface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] **The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a**

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

Geochemical studies for seawater/rock interaction recorded on the submarine lava flows of 12 Ma in the *Hokuroku* district in Akita, Japan and their implication to phosphorus cycle on the modern ocean floor

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1]
*Tsukasa Sai[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

The phosphorus cycle on the modern surface environments of the Earth's is unclear. Many researchers consider that submarine basaltic rocks scavenge phosphorus by seawater/rock interaction. However, this argument is not supported by global data. In addition, uncertainties exist as to if submarine felsic rocks scavenge phosphorus during seawater/rock interaction. Thus, the purpose of this study is set to examine phosphorus behavior during seawater/rock interaction of submarine basalt and rhyolite, which ages are ca. 12 Ma. The samples are collected in the *Hokuroku* district in Akita prefecture: *Furutobe(basalt)*, *Oshigenaisawa(rhyolite)*, and *Hanaokanashizaka(basalt)*. Differences are examined in minerals and chemical compositions between outer and inner parts of basaltic pillow lava. Mineralogy and chemistry of single rhyolitic lava are examined according with different alteration patterns.
XRF analyses on bulk rock samples suggest basalt and rhyolite lost Si, Na, Ca with progress of submarine alteration. Basalt added Mg and Fe, and rhyolite added Mg and K during the same alteration. These results are consistent with combination of minerals identified by XRD and EPMA. The mobilization of elements in basalts from Furutobe is differ from others because Furutobe basalt suffered additional submarine hydrothrmal alteration.
It was found that basalt lost P, while rhyolite added P. Apatite and microcrystals of P-bearing unknown minerals are observed in basalt. In rhyolite, it is observed euhedral and anhedral crystals of 10-100 μm such as apatite, monazite, and xenotime. Primary apatite is observed in rhyolite phenocrysts, such as quartz, plagioclase, magnetite, ilmenite, and zircon. Secondary phosphate minerals are observed in vein, chalcedony developed in plagioclase pseudomorph, and Fe-bearing minerals. These clearly indicate the addition of phosphorus in altered rhyolite during seawater/rock interaction, and most likely phosphorus was supplied from seawater.
Therefore, it is suggested that basalt can supply phosphorus in ocean water as submarine alteration advanced, and rhyolite is a sink of phosphorus in the ocean floor. This knowledge is different from an established hypothesis that oceanic igneous rocks are sink of phosphorus.

キーワード：リン、海底変質作用、流紋岩、玄武岩
Keywords: Phosphorus, Submarine alteration, Rhyolite, Basalt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出
Detection of methylphosphonate and phosphite contained in suspended particles in spring water

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2]
*Kazuma Tsuji[1], Masahiro Maruo[3], Hajime Obata[2]

1. 滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 滋賀県立大学環境科学部
1. Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

はじめに：リンの生物循環を構成する過程において、メチルホスホン酸と亜リン酸がそれぞれ中間生成物として存在することが知られている。海洋では水中のバクテリアが、細胞中でメチルホスホン酸、亜リン酸を合成している可能性が示された（Van Mooy et al.2015）。淡水域でも、強いリン制限下にある西湖(山梨県)の表水層においてシアノバクテリア*Synechococcus*がメチルホスホン酸を代謝している可能性が強く示唆された（岩田、2014）。しかし、天然水中に存在するメチルホスホン酸及び亜リン酸は極低濃度と考えられており、実際に天然水中からこれらの化合物を検出したという報告はない。本研究では，メチルホスホン酸及び亜リン酸の高感度定量法を開発し、琵琶湖水および湧水中からの検出を試みた。

方法：イオンクロマトグラフィーを用いて、リン制限下湖水中の極微量リン酸イオンを定量するための条件を改良し、メチルホスホン酸、亜リン酸の定量を可能にした（Maruo et al., 2016、辻ほか、印刷中）。米原市世継の湧水群「かなぼう」と琵琶湖K1地点(最大水深8m、深度：6m)で、それぞれ2018年11月4日と同年11月6日に試水を採取した。以下の方法により、懸濁物中に含まれるメチルホスホン酸及び亜リン酸の抽出を試みた。孔径0.2 μmのポリカーボネート製メンブランフィルター(Nuclepore: Whatman)で試水1.5 Lをろ過した。ガラス瓶にそのフィルターとMQW 25mLを入れ、蓋をしめてウォーターバス(60)中で1時間加熱した。この抽出液を孔径0.2 μmのディスク型メンブランフィルター(IC ACRODISC, Pall)でろ過した。このろ液を懸濁物(主として微生物)中のリン化合物定量に用いた。これとは別に試水を採取直後にカプセルフィルター(SUPOR Acropak 200 Capsule Filter, Pall: 孔径0.8/0.2 μm)でろ過したもの溶存態試料とした。

結果と考察：湧水地「かなぼう」の懸濁物抽出試料からメチルホスホン酸(4.8 nM)及び亜リン酸(3.6 nM)が検出された(水中の濃度に換算)。また、琵琶湖K1地点の懸濁物抽出試料からも亜リン酸(23 nM)が検出された。両地点の溶存態試料からメチルホスホン酸および亜リン酸は検出されなかった。両成分は極微量であり、水中には放出されていないか、直ちに利用されているものと考えられる。生物体内に含まれるメチルホスホン酸および亜リン酸は、他の水域でもイオンクロマトグラフィーを用いて定量できる可能性が高い。

参考文献

岩田智也（2014）湖沼表層に出現するメタン極大層の形成パターンと好気的生成機構の解明．科学研究費助成事業研究成果報告書　課題番号23681003.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

辻一真、丸尾雅啓、小畑元（2019）イオンクロマトグラフィーを用いる天然水中極微量メチルホスホン酸の定量．分析化学 68(4), 印刷中．

Maruo M, Ishimaru M, Azumi Y, Kawasumi Y, Nagafuchi O, Obata H (2016) Comparison of soluble reactive phosphorus and orthophosphate concentrations in river waters. Limnology 17(1):7-12.

Van Mooy BAS, Krupke A, Dyhrman ST, Fredricks HF, Frischkorn KR, Ossolinski JE, Repeta DJ, Rouco M, Seewald JD, Sylva SP (2015) Major role of planktonic phosphate reduction in the marine phosphorus redox cycle. Science 348(6236): 783-785.

キーワード：メチルホスホン酸、亜リン酸、イオンクロマトグラフィー
Keywords: Methylphosphonate, Phosphite, Ion chromatography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1], Yongsheng Xu[1], Ichio Asanuma[2]

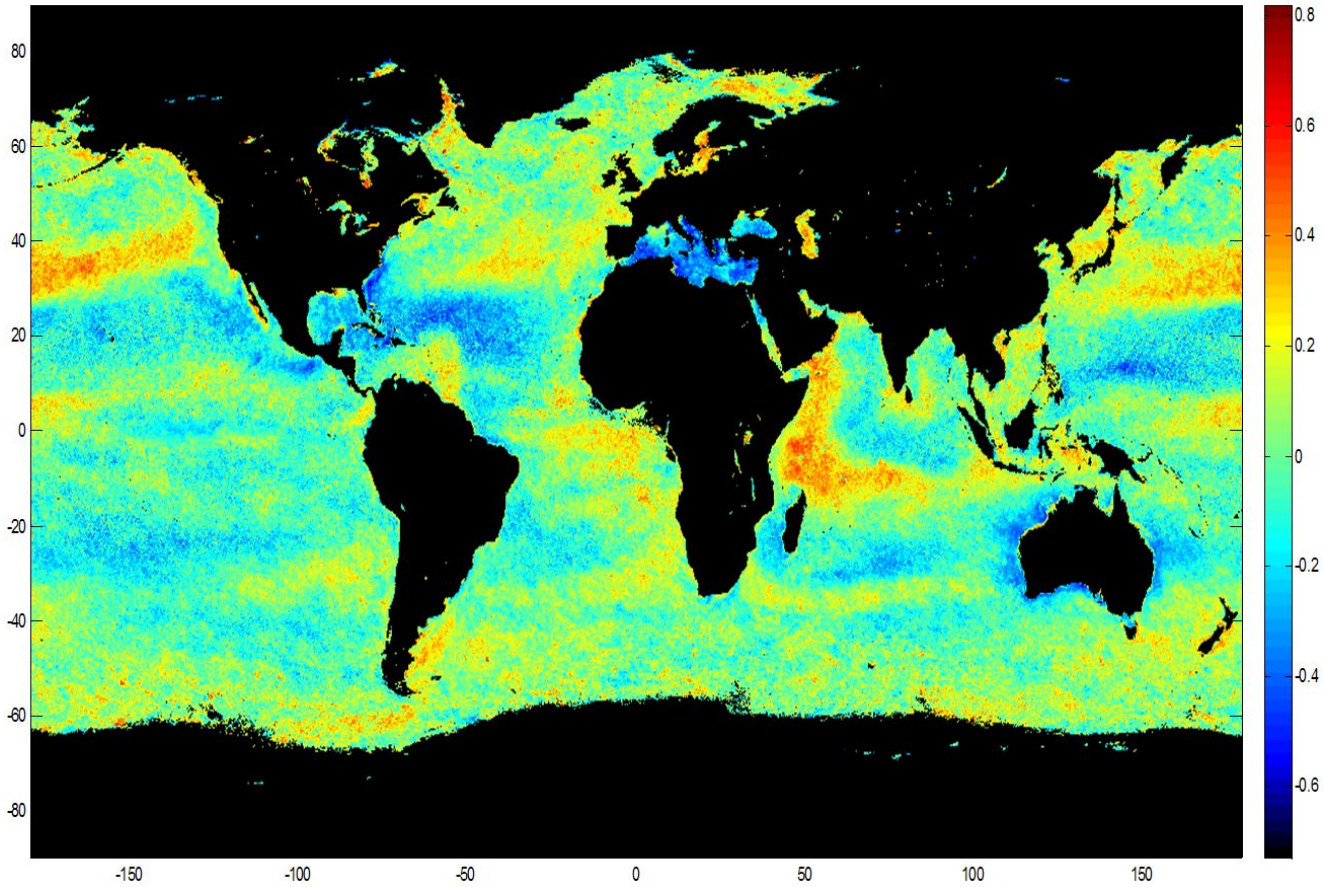
1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2. Tokyo University of Information Sciences

Chlorophyll-a concentration (Chl-a) has a close relationship with the nutrients and the atmospheric sedimentation is a good source for the nutrients of the sea. Moreover, the value of aerosol optical thickness (AOT) can stand for atmospheric sediment concentration. So, there should be a coupling relationship between AOT and Chl-a. The correlation analysis between AOT and Chl-a had been early assessed by previous works. For example, in South China Sea and Greenland Sea, the data analysis revealed that AOT had a big impact on the biogeochemistry of the South China Sea and there was a time-lag correlation between AOT and Chl-a in Greenland Sea.

Using 12 years' of AOT and Chl-a data from the NASA/MODIS and SeaWiFS sensors, we've studied the distributions and the coupling relationship between AOT and Chl-a all over the world. The correlation map shows some interesting areas on the earth. It is found that the highest positive correlation areas of the AOT and Chl-a time series are in the east coastal area of Africa, Baltic Sea, Caspian Sea and the band area in the Pacific between south Japan and San Francisco of USA; the highest negative correlation areas of the Chl-a and AOT time series are in The Mediterranean, west-south and east-south coastal areas of Australia.
Moreover, we analyze 10 years of measurements of SSH fields and concurrent satellite measurements of upper-ocean CHL to show that mesoscale eddies exert a strong influence on the CHL field.

Keywords: Chlorophyll-a concentration, Aerosol optical thickness, Sea surface height, Mesoscale eddy, Coupling relationship

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸
Glyoxylate from CO atmosphere via UV photochemistry

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2]
*Kenta Isoda[1], Xiaofeng Zang[1], Yuichiro Ueno[1,2]

1. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2. 東京工業大学 地球生命研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth Life-Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Glyoxylate could be an important compound, which can initiate a simple autocatalytic cycle and may possibly evolve to synthesize amino acids, nucleobase, pentose etc. (Eschenmoser, 2007a). However, constant supply of glyoxylate is an issue for the prebiotic environment. In this study, we aim to understand the possible condition to supply glyoxylate continuously to support such an autocatalytic cycle. First, we have performed experimental study and demonstrated that glyoxylic acid can be synthesized photochemically under carbon monoxide atmosphere. On the other hand, the UV irradiation into formaldehyde solution does not yield glyoxylic acid, except for the presence of CO in the gas phase. These results indicate that glyoxylate is not produced from formaldehyde in solution but from CO in the gas phase probably through the 3 steps: (i) HCO radical is produced from the reaction between CO and H from H_2O photolysis; (ii) The HCO radical dimerize in the gas phase, to form $(CHO)_2$(glyoxal); and (iii) The $(CHO)_2$ is oxidized into HCOCOOH (glyoxylate). An additional experiment demonstrated that UV irradiation into pure glyoxal solution can yield glyoxylate, and thus indicate that the step (iii) can proceed in the solution. Consequently, our experimental results suggests that glyoxylate can be continuously provided from atmosphere into hydrosphere if the atmosphere is rich in CO.

キーワード：大気、光化学
Keywords: atmosphere, photochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1], Prasanta Sanyal[1], Sambit Ghosh[1]

1. Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The Deccan flood basalt eruption spans across the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) Boundary and records the largest
and the longest lava flows in the world. While the volcanism has been linked to the infamous K/Pg extinction,
however, its implications on the regional carbon budget are still not well constrained. Carbon isotope records in marine carbonates ($\delta^{13}C_{carb}$) and bulk organic matter ($\delta^{13}C_{org}$), coupled with carbon and hydrogen isotope records
of *n*-alkane ($\delta^{13}C_{alk}$ and δD_{alk} respectively) have been measured along with *n*-alkanes characterization from two
inter-trappean and one infra-trappean sedimentary sequence exposed south of the city of Rajahmundry, SE India
in order to evaluate the climatic and environmental response exacerbated by the volcanism in the marine and terrestrial realm. Overall, our data demonstrate major perturbations in the terrestrial and marine carbon cycle induced by the Deccan volcanism, with considerable environmental stress predating the K/Pg Boundary. Strong covariance between $\delta^{13}C_{org}$ and $\delta^{13}C_{carb}$ (r=-0.71) suggest that the dissolved inorganic carbon (DIC) in the shallow
marine environment was largely controlled by organic matter (OM) flux. The occurrence of large unresolved complex mixtures (UCM/n-alkane>>4) and hopanes (m/z 191) and steranes (m/z 217) in the limestones OM suggest considerable input from petroleum into the biomass. The upper part of the infra-trappean and lower parts of inter-trappean show considerable decreases in the marine $\delta^{13}C_{carb}$ values and have been inferred to occur from hydrocarbon assimilation by heterotrophs and early diagenesis of OM. Steady temporal increase in $\delta^{13}C_{carb}$ values and total organic carbon (TOC) content throughout the sequence imply increases in primary productivity, with the upper inter-trappean limestone marking the recovery phase. The $\delta^{13}C_{alk}$ values, coupled with the chain-length distribution pattern of *n*-alkanes and spore-pollen records exhibit significant turnovers in the vegetation community structure. High δD_{alk} values (~-110‰) indicate arid conditions before the deposition of mega flow episodes in Rajahmundry. Depletion in δD_{alk} values (~-150‰) observed in the middle part of the inter-trappean signifies a change to a humid condition. The increased rainfall prompted an upsurge in weathering that led to increases in freshwater influx (depletion in $\delta^{18}O_{carb}$ values) and higher terrestrial OM input (increase in long-chain *n*-alkanes). Atmospheric CO_2 concentration reconstructed from two paleosol horizons in the infra- and inter-trappean units respectively indicate major drawdown in pCO_2 across the main flow episode in Rajahmundry. It is speculated that the volcanism induced changes in pCO_2 was one of the main drivers for exacerbating changes in the carbon cycle.

Keywords: Deccan volcanism, carbon reservoir, n-alkane, stable isotope, Rajahmundry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

Organic matter around Miocene Kuroko ore deposits: Implications to Archean submarine hydrothermal microbial community

*掛川 武[1]
*Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

Kuroko ore deposits were products of black smoker activities at 15 Ma paleo-Japan Sea. Kuroko is often covered by organic-rich sedimentary rocks, but details of these organic matter have not been unclear. Here I report analytical results of stable isotopes, Raman spectroscopy and bitumen compositions of organic matter around Miocene Kuroko deposits.

In general, all geochemical characteristics of organic matter were uniform in the same horizon of Kuroko deposits. On the other hand, H/C ratios and Raman spectroscopic data suggest that organic matter were extensively graphitized by thermal degradation only around Kuroko. More ^{12}C- and ^{14}N-enriched features are found in Kuroko-associated kerogen and bitumen. Such stable isotope data suggest the presence of chemoautotrophs, which utilized hydrothermal $CH_4$and NH_3. However, geochemical and geological characteristics of the examined samples suggest that hydrothermal $CH_4$and NH_3were produced by thermal degradation of sedimentary organic matter, which are mainly derived from photoautotrophs. This further suggests that chemoautotrophs at Kuroko were not independent and had strong connection to surface photoautotrophs.

Organic matter enriched in ^{12}C and ^{14}N are ubiquitous around many middle-Archean Kuroko ore deposits. Such stable isotope compositions also imply the presence of submarine hydrothermal microbial communities. However, ^{12}C- and ^{14}N-depleted organic matter, which most likely represent photoautotrophs, are also common around Archean Kuroko deposits. Such contrast stable isotope characteristics suggest that deep submarine chemoautotrophs already had linkages to surface photoautotrophs since Archean age.

キーワード：黒鉱、化学合成、安定同位体
Keywords: Kuroko, Chemoautotroph, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度
Formation and solubility of hydrous carbonates formed in alkaline lakes under freezing condition

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1]
*TAKUMA KITAJIMA[1], Haruna Matsumiya[1], Keisuke Fukushi[1]

1. 金沢大学
1. kanazawa university

アルカリ塩湖は、湖水中の炭酸成分を炭酸塩鉱物の形成によって固定する。湖水に含まれる炭酸成分は大気CO_2由来であるため、地球表層における炭素循環においてアルカリ塩湖が重要な役割をはたしていることが注目されている(Finley et al 2015; Fukushi and Matsumiya 2018)。

自然界で一般的に認められる炭酸塩鉱物はカルシウム塩のカルサイトやアラゴナイトである。一方、塩湖環境では直接溶液から生成する炭酸塩鉱物の多くがモノハイドロカルサイト(MHC)であることが報告されている(Fukushi et al.2012)。MHCは化学式$CaCO_3 \cdot H_2O$で表される準安定な炭酸塩鉱物の一種である(Munemoto and Fukushi, 2008)。MHCの生成には非晶質マグネシウム炭酸塩(AMC)の共存が必要であることが分かっている(Nishiyama et al., 2013; Fukushi et al., 2017)。

Fukushi and Matsumiya, (2018)では、塩湖環境を模した溶液中におけるモノハイドロカルサイト(MHC)と非晶質Mg炭酸塩(AMC)の溶解度を25℃・大気CO_2分圧下で実験的に求め、自然界のアルカリ塩湖の水質がMHCとAMCの生成過程に支配されていることを明らかにした。しかし、大陸内部の乾燥寒冷地域に存在するアルカリ塩湖は冬季に結氷し、高緯度地域では一年間の半分以上が結氷している。

多くのイオンは氷結により液相に排除されるため、結氷に伴い液相にはイオン濃度の増加が生じることが予想される。したがって、湖の結氷によって鉱物生成が引き起こされる可能性は否定できない。また、結氷により大気と水溶液の隔離が生じると考えられる。すると、大気CO_2分圧と平衡であった湖水は著しい低CO_2分圧環境に変化することが推測される。さらに、氷が生成されるほどの低温環境は生成する鉱物種に影響を与える可能性があることに加え、その物質の溶解度、反応速度など物理化学的性質に対して大きな影響を及ぼす。したがって、25℃・大気CO_2分圧下だけでは実際の塩湖環境を議論するには不十分であると考えた。そこで、本研究では二つの目的を定めた。一つは、塩湖環境を模した水溶液を用いて、溶液周囲の環境温度の変化(5~50℃)と著しく低いCO_2分圧環境で沈澱生成する炭酸塩鉱物種を明らかにすること。二つ目は、生成した炭酸塩鉱物種によって支配される水質を推測するため、生成炭酸塩の溶解度を見積もることである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2]
*Tadashi Yokoyama[1], Naoki Nishiyama[2]

1. 広島大学大学院総合科学研究科、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

When water infiltrates rock pores, dissolution occurs at the contact site of water and mineral. In many cases rock pores near the ground surface are not fully saturated with water and a portion of pores is filled with air. In order to study how the presence of air in pores affects the reactivity of each rock-forming mineral, the amounts of elements leached out from the rock were compared for water-saturated condition and unsaturated condition by using a core of Berea sandstone. The sandstone consists mainly of quartz with several percentages of feldspar, carbonates, and clays. In the case of the saturated condition, initially pores were saturated with water by vacuum treatment, then water was passed through the core at a constant water head difference. In the case of the unsaturated condition, water was passed through a dry core. After the onset of the experiment under the unsaturated condition, water saturation (the fraction at which pore volume is saturated with water) became ~60% almost immediately (air 40%), and gradually increased and reached ~100% after 9 days passed. Dissolution rates of Si and Ca (amount of dissolution per unit time per whole rock) were determined by measuring the concentrations of dissolved Ca and Si in leachates. The difference in dissolution rate between unsaturated condition and saturated condition was generally greater in the case of Ca than that of Si. This appears to be due to the difference of wettability of silicates and carbonate. Probably silicates were more easily wet and many silicate surfaces dissolved even under the presence of air, while dissolution of carbonate was diminished due to the absence of water contact or the insufficient flushing of Ca in the wetting film of the carbonate surface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:横山 正、福士 圭介

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

13:45 ~ 14:00

[BBC03-01] 熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1] (1.金沢大学、2.東京大学、3.海洋研究開発機構)

14:00 ~ 14:15

[BBC03-02] 天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2] (1.北海道大学大学院　工学院、2.北海道大学大学院　工学研究院)

14:15 ~ 14:30

[BBC03-03] **$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約**

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1] (1.産業技術総合研究所、2.東京大学、3.海洋研究開発機構、4.東京工業大学)

14:30 ~ 14:45

[BBC03-04] Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1] (1.北海道大学工学部環境地質学研究室)

14:45 ~ 15:00

[BBC03-05] シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3] (1.広島大学、2.海洋研究開発機構、3.東京大学)

15:00 ~ 15:15

[BBC03-06] 古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

熱水性カイレイツノナシオハラエビの鰓室内に見られる黒色および茶色沈殿物の化学種解析

Chemical speciation analysis of the brown and black precipitates observed in the gill chamber of the vent shrimp *Rimicaris kairei*

*彦坂 柾成[1]、高橋 嘉夫[2]、チェン チョン[3]、ジェンキンズ ロバート[1]
*Masanari Hikosaka[1], Yoshio Takahashi[2], Chong Chen[3], Robert Jenkins[1]

1. 金沢大学、2. 東京大学、3. 海洋研究開発機構
1. Kanazawa University, 2. Tokyo University, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

大西洋中央海嶺（MAR），中央インド洋海嶺（CIR），カリブ海ミッドケイマンライズの多くの熱水生態系に優占する熱水性のツノナシオハラエビ属は，膨らんだ鰓室の内部空間に数種のバクテリアを共生させており，栄養のほとんどを共生バクテリアに依存しているとされている．この共生バクテリアの代謝に起因してか，鰓室内組織表面は鉄を主成分とする茶色，もしくは黒色の沈殿物に覆われている．これら沈殿物は脱皮によって取り去られるが，脱皮後数日経過すると再び沈殿物によって覆われることになる．ツノナシオハラエビはバクテリアに栄養面では依存しつつも，バクテリア由来の沈殿物は宿主の遊泳や栄養摂取を阻害するように思われ，ツノナシオハラエビーバクテリア間では一般的な相利共生関係とはまた異なる関係が築かれているように思われる．この共生関係を正しく理解するには，宿主，外部共生バクテリア，そして沈殿物の関係性を明らかにする必要がある．本研究では，XAFS法を用いてCIRに生息するカイレイツノナシオハラエビの鰓室内の茶色，および黒色沈殿物の化学種解析を行い，鰓室内化学環境を明らかとすることを目的とした．

試料はCIRで実施された研究航海YK16-E02の6K1457, 6K1458潜航において，Edmondフィールドおよび Kaireiフィールドから採取されたカイレイツノナシオハラエビを用いた．前処理として，組織を99.5%エタノールで固定後，エポキシ樹脂（Epofix, Struers）に包埋し，厚さ約50 μmの両面研磨薄片を作成した．両面研磨薄片はKEK PF BL-4Aにてμ-XRF元素マッピング，およびFe K-edge XANES測定を行い，バクテリア周辺での元素分布，および鉄の化学状態を調べた．鉱物種および鉄の化学状態は，試料から得られたXANESスペクトルを,解析ソフトREX2000（Rigaku）を用いて各種標準試料（ferrihydrite, goethite, magnetite, $FePO_4$, pyrite, pyrrhotite）とフィッティングを行うことで推定した．

走査型電子顕微鏡（JSM-6100, JEOL）による凍結乾燥試料の観察および偏光顕微鏡による薄片試料の観察から，茶色沈殿物は厚さ50 μm程度のクラストを形成し，鰓蓋内側全体を被覆する産状，黒色沈殿物は糸状菌周囲の有機膜状組織にサブミクロンサイズの微小粒子として沈殿する産状が観察された．XANESのフィッティングから，茶色沈殿物はferrihydrite, goethite, $FePO_4$，黒色沈殿物はferrihydrite, goethite, $FePO_4$，pyrrhotiteを含むと推定され，鉄は茶色沈殿物中ではFe^{3+}，黒色沈殿物中ではFe^{2+}, Fe^{3+}として存在することが明らかとなった．茶色沈殿物は好気環境，黒色沈殿物は比較的嫌気環境で形成されたものと推定される．本研究から，同種間における鰓室内環境の多様性が示された．今後鰓室の微生物叢の解析を進めていき，それぞれの鉱物の沈殿条件，宿主の生育可能環境について詳細に検討していく必要がある．

キーワード：深海熱水噴出孔、カイレイツノナシオハラエビ、バイオミネラリゼーション、XAFS
Keywords: hydrothermal vent, Rimicaris kairei, biomineralization, XAFS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天然岩石試料を用いた低温蛇紋岩化反応による水素生成実験
Experimental study on hydrogen generation during low temperature serpentinization by using natural samples

*東野 駿太[1]、川喜田 竜平[1]、大竹 翼[2]、佐藤 努[2]
*Shunta Higashino[1], Ryohei Kawakita[1], Tsubasa Otake[2], Tsutomu Sato[2]

1. 北海道大学大学院　工学院、2. 北海道大学大学院　工学研究院
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

Low temperature serpentinization, a reaction between ultramafic rocks and water under ambient conditions, generates hydrogen near Earth’ s surface environments. This reaction has been considered to play important roles in the origin of life since hydrogen may have been an important reducing gas for building blocks of life as well as early metabolisms. Furthermore, this process may be applicable for industrial hydrogen production that does not emit carbon dioxide during its production or consumption whereas the conventional method for hydrogen production essentially relies on fossil fuels. During serpentinization, hydrogen is generated by the reduction of water accompanied with oxidation of ferrous ion to ferric ion in the primary minerals of ultramafic rocks such as olivine or pyroxene. However, the amount of hydrogen produced during low temperature serpentinization is controlled by various factors, which have not been well understood, particularly, the effect of the formation of secondary minerals (Mayhew et al., 2018). Therefore, we conducted a series of experiments for hydrogen production using 10 ultramafic rock samples (dunites and harzburgites), from Japan (Horoman and Wakamatsu), Oman and Indonesia, showing various lithological features and degrees of serpentinization subjected during obduction. Mineralogical and geochemical characterizations were conducted using XRD, XRF and SEM-EDS. Experiments were then conducted by reacting the samples with water under anaerobic conditions at 90℃, for 2 weeks. After the experiments, gas, solid, and solution obtained from the experiments were analyzed by GC-RGD, XRD, and ICP-AES, respectively.

The results of experiments show that samples with lower degrees of serpentinization tend to generate larger amounts of hydrogen, and that harzburgites tend to generate more hydrogen than dunite when they are at the same degree of serpentinization. However, some highly serpentinized samples also generated large amounts of hydrogen though these results werepooly reproduced. This may have stemmed from the oxidation of trace minerals (e.g., Ni-Fe alloy) or their catalytic effects, in addition to the dissolution of Fe^{2+}-bearing primary minerals, because these minerals were heterogeneously observed by microscopy in the serpentinites. Experiments were also conducted with some additives (e.g., MgO, SiO_2, and magnetite) to investigate the effect of solution chemistry and formation of secondary minerals on hydrogen generation. The results show that hydrogen was generated the most under Si-rich conditions. Solution chemistry suggests that, olivine and pyroxene were likely dissolved more rapidly with Si-rich solutions. This is consistent with the trend that harzburgites generate hydrogen more than dunite because harzburgite contains pyroxene, which dissolved much Si compared to olivine. Moreover, thermodynamic calculations suggest that the precipitation of amorphous Mg-silicate minerals (e.g., M-S-H), which are commonly precursors of serpentine controls the solution chemistry including decreasing pH. Because the dissolution rate of the primary minerals is greater at lower pH, the precipitation of Mg-silicate minerals may have promoted the dissolution cycle of the primary minerals and therefore generation of hydrogen, especially under Si-rich conditions.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reference

Mayhew, L. E., Ellison, E. T., Miller, H. M., Kelemen, P. B., & Templeton, A. S. (2018). Iron transformations during low temperature alteration of variably serpentinized rocks from the Samail ophiolite, Oman. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *222*, 704–728.

キーワード：蛇紋岩化反応、蛇紋石、超苦鉄質岩、水素、非晶質Mg-Si鉱物、熱力学的計算
Keywords: serpentinization, serpentine, ultramafic rock, hydrogen, amorphous Mg-silicate mineral, thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

$^{14}CH_4$および希ガス同位体を用いた白馬八方蛇紋岩温泉におけるメタンの起源の制約

Constraint on the origin of methane from Hakuba Happo serpentinite-hosted hot spring by using $^{14}CH_4$ and noble gas isotope

*須田 好[1]、阿瀬 貴博[2]、宮入 陽介[2]、横山 祐典[2]、松井 洋平[3,2]、上田 修裕[3]、齋藤 拓也[3]、佐藤 友彦[4]、澤木 佑介[2]、中井 亮佑[1]、玉木 秀幸[1]、高橋 浩[1]、森川 徳敏[1]
*Konomi Suda[1], Takahiro AZE[2], Yosuke Miyairi[2], Yusuke Yokoyama[2], Yohei Matsui[3,2], Hisahiro Ueda[3], Takuya Saito[3], Tomohiko Sato[4], Yusuke Sawaki[2], Ryosuke Nakai[1], Hideyuki Tamaki[1], Hiroshi A Takahashi[1], Noritoshi Morikawa[1]

1. 産業技術総合研究所、2. 東京大学、3. 海洋研究開発機構、4. 東京工業大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. The University of Tokyo, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4. Tokyo Institute of Technology

Ultramafic rock-water interaction systems attract more interest from the perspective of study for origin of life since the discovery of the hyperalkaline hydrothermal system in the Atlantic Ocean in 2001 (Kelley et al., 2001). These serpentinite-hosted systems are generally characterized by high concentrations of methane (CH_4) and higher hydrocarbons (C^{2+}) regardless of seafloor or on-land (e.g., Schrenk et al., 2013; Etiope and Sherwood-Lollar, 2013). Previous stable carbon and hydrogen isotopic studies have suggested that hydrocarbons could be formed abiotically via polymerization process (Proskurowski et al., 2008; Suda et al., 2017). However, the following is still poorly constrained; when and where hydrocarbons are produced. In this study, to constrain the origin of methane, we determined the radiocarbon (^{14}C) content in CH_4 and the helium isotope obtained from serpentinite-hosted hot spring in Hakuba Happo.
Hakuba Happo hot spring lies on a serpentinized ultramafic rock body in the Shiroumadake area, which belongs to the Hida Marginal Tectonic Belt in central Japan. The hyperalkaline waters (pH>10), with temperatures of approximately 50˚C, are pumped from two borehole wells (Happo #1 and Happo #3). N_2, H_2 and CH_4 are main gas components (Homma and Tsukahara, 2008; Suda et al., 2014). Water chemistry and volatile component are controlled primarily by serpentinization reaction.
Sample collection was conducted in 2015-2018. Hot spring gas samples were collected by a displacement method in water from two borehole wells (Happo #1 and Happo #3). For radiocarbon (^{14}C) analysis of methane, firstly, CH_4 in gas samples was converted to CO_2 by using the custom-built flow-through vacuum line system (similar to Pack et al., 2015) at JAMSTEC. Secondly, the purified CO_2 gas was reduced to graphite by using the graphitization reactor with Fe powder and hydrogen gas, and then the ^{14}C content was determined by using an accelerator mass spectrometry (AMS) at AORI, the University of Tokyo. Noble gas isotope abundances were measured with a noble gas mass spectrometer at GSJ, AIST. The concentrations of CO and CO_2 in gas phase were determined by using a GC-methanizer-FID method, which was suitable for detection of trace amounts of CO and CO_2 (Kaminski et al., 2003). The concentration of dissolved inorganic carbon (DIC) in spring water was measured by using GasBench/IRMS system at GSJ, AIST.
In Hakuba Happo hot spring, CO and CO_2 were below detection limit (<0.0005 vol.%). DIC concentration was <28 μmol/L (upper values because of suspicion of air contamination during sampling), which was lower than dissolved methane concentration (124-664 μmol/L; Suda et al., 2014). Methane is the most abundant carbon compound in Hakuba Happo hot spring. If methane production occurs under on-site condition, the inorganic carbon compounds (CO, CO_2 and DIC) are not likely to be a carbon source for CH_4. The high helium isotope ratio ($^3He/^4He$) was observed in both well sites. The $^3He/^4He$ ratios for

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Happo #1 and Happo #3 were 4.10 R_{atm} and 4.47 R_{atm}, respectively (where R_{atm} is the atmospheric $^{3}He/^{4}He$ ratio of 1.4×10^{-6}). For Happo #1 site, relative contribution of air, mantle and crustal components are estimated to be 47%, 31% and 22%, respectively. For Happo #3 site, 69%, 24% and 8%, respectively. The result of AMS measurements on two CH_4 samples from Hakuba Happo reveals that ^{14}C contents are near the detectable limit, i.e., the ^{14}C ages of CH_4 is at least approximately 50,000 years before present. Radiocarbon evidence rules out a modern carbon compound (e.g., atmospheric CO_2, organics in surface soil) as the carbon source of CH_4 at Hakuba Happo hot spring system. The helium isotope and $^{14}CH_4$ data could be consistent with deep-derived carbon source of the Hakuba Happo CH_4. Therefore, it will be important to consider a relation between surface reaction system and deep mantle/crustal system.

キーワード：蛇紋岩、強アルカリ性温泉、メタン、放射性炭素、ヘリウム同位体
Keywords: serpentinite, hyperalkaline hot spring, methane, radiocarbon, helium isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inhibition of calcium silicate hydrate formation by lignosulfonate and lignin

*戸田 賀奈子[1]、大竹 翼[1]、佐藤 努[1]
*Kanako Toda[1], Tsubasa Otake[1], Tsutomu Sato[1]

1. 北海道大学工学部環境地質学研究室
1. Laboratory of Environmental Geology, Faculty of Engineering, Hokkaido University

Dams and harbors have frequently dredged in order to secure the water storage capacity and shipping routes. Dredged soils are mostly treated as waste, though utilization of dredged soils for construction resources are economically and environmentally desired. Only a part of the dredged soils has been used for construction materials after mixing with steel slags due to their low physical strength. Mixture’s strength development has been known to depend on utilized dredged soil. However, even under the same mixing conditions, some combinations may not be hardened. Soil composition is generally complex as it reflects the result of mineral-water-organic matter-microbe interactions occurred onto components from diverse origin. In solidification of the dredged soils to form construction materials, alkaline activators, steels slags in this case, are added, which triggers the formation of secondary phases such as calcium silicate hydrate (C-S-H). Factors affecting C-S-H formation have been reported previously (e.g., Tremblay et al., 2002; Zhu et al., 2007; Toda et al., 2018). However, inhibition mechanism of authentic organic matter in the soils and the quantitative effects of their functional groups on C-S-H formation are not fully understood.
In this context, the effects of 1) lignosulfonate and 2) lignin that contain carboxylic, sulfonic and thiol functional groups that have similar structures to soil organic matter and 3) simple organic molecule with one of carboxylic, sulfonic and thiol functional groups on C-S-H formation were investigated in this study. C-S-H was synthesized from $Ca(OH)_2$ and amorphous silica in coexistence of multiple addition ratio of lignosulfonate and lignin to expecting amount of C-S-H formed, in 100 rpm shaker at 50℃ for 10 days. After the syntheses, C-S-H were characterized by X-ray diffraction and FT-IR analysis, and chemical composition of the remaining solutions were analyzed by ICP-AES and TOC analyzer. After syntheses, solution pH were all above 12. The threshold quantity of lignosulfonate and lignin was evaluated to suppress the formation of C-S-H. Above the threshold, XRD peaks assigned to $Ca(OH)_2$ and amorphous silica could still be obtained after synthesis, without C-S-H peaks. Furthermore, below the threshold, the broad diffraction peak assigned to (001) reflection of C-S-H decreased with increasing the added amount of lignosulfonate and lignin. This suggests that lignosulfonate and lignin may suppress the dissolution of initial phases but also C-S-H crystal growth. Both of the indicated inhibition factors could occur due to the surface coverage by negatively charged functional groups in the organic matter under alkaline condition, which may be interacting with positively charged sites such as $Ca(OH)_2$ surface and CaO layer in C-S-H. C-S-H synthesis with simple organic molecule with various functional groups were also conducted to further discuss how the difference in soil organic matter structure in terms of functional group can inhibit C-S-H formation.

キーワード：浚渫土、土壌有機物、 C-S-H、建設材料
Keywords: dredged soils, soil organic matter, C-S-H, construction materials

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

シアノバクテリア表面における炭酸カルシウム形成過程
Calcium carbonate formation processes on cyanobacterial surface

*白石 史人[1]、尾森 武尊[1]、富岡 尚敬[2]、甕 聡子[2]、菅 大暉[3]、高橋 嘉夫[3]
*Fumito Shiraishi[1], Takeru Omori[1], Naotaka Tomioka[2], Satoko Motai[2], Hiroki Suga[3], Yoshio Takahashi[3]

1. 広島大学、2. 海洋研究開発機構、3. 東京大学
1. Hiroshima University, 2. JAMSTEC, 3. The University of Tokyo

酸素生成型光合成細菌であるシアノバクテリアは，周辺の水化学組成によっては石灰化することが知られている．そのような石灰化したシアノバクテリアの化石は特に顕生代において広く見られ，その産出頻度の変動は過去の海水化学組成（特にpHなど）を復元するために重要である．シアノバクテリアの石灰化には1) 光合成による$CaCO_3$鉱物飽和度の上昇，および2) 細胞外高分子（EPS）の酸性官能基による結晶核形成場の提供が重要であると考えられている．天然試料に基づく先行研究からは，石灰化の有無や様式におけるEPSの重要性が指摘されている．しかしながら，特に石灰化様式については，結晶の形態や配列，前駆体（非晶質炭酸カルシウム：ACC）の有無などにおけるEPSの影響について，未だ理解が進んでいない．そこで本研究は，培養シアノバクテリアを用いてEPSの物理的・化学的特性と石灰化様式の関係について検討を行った．

まず，EPS特性の異なる4種類のシアノバクテリア（*Spirulina*, *Phormidium*, *Scytonema*, *Leptolyngbya*）を培養した．酸塩基滴定およびレクチン結合解析の結果から，4種類とも酸性官能基を含むEPSを分泌していることが示された．次にシアノバクテリアを水槽（pH = 約8.5，$[Ca^{2+}]$ = 2 mM，DIC = 2 mM）に移し，光を照射して石灰化実験を行った．微小電極（pH，O_2，Ca^{2+}）によるモニタリングから，4種類のシアノバクテリアは程度に差があるものの，全て光合成によって$CaCO_3$沈殿を誘導していることが確認された．しかしながら，透過型電子顕微鏡（TEM）や走査型透過X線顕微鏡（STXM）などの観察から，形成される$CaCO_3$の特徴はシアノバクテリアの種類によって大きく異なっていることが明らかとなった．特に*Spirulina*, *Phormidium*, *Scytonema*の周囲で形成された方解石にはACC・多結晶（サブミクロンサイズ）・超構造などの特徴が見られ，酸性EPS上におけるACCナノ粒子を介した核形成が示唆される．一方，上記３種類のシアノバクテリアに比べてEPS分泌量が非常に小さい*Leptolyngbya*では，そのような特徴はほとんど見らない．これらの結果から，シアノバクテリア表面において以下のような$CaCO_3$形成過程が考えられる：1) 酸性EPS上でACCナノ粒子が形成，2) 成長したACC粒子中で結晶化が進行し，サブミクロンサイズの方解石多結晶が形成，3) それらが単結晶方解石へと成長し，ACCや方解石多結晶が部分的に残存する．

キーワード：CaCO3、シアノバクテリア、EPS
Keywords: CaCO3, Cyanobacteria, EPS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

古原生代ガンフリント層における含微化石堆積岩の鉱物学的および地球化学的研究

Mineralogical and geochemical study on sedimentary rock containing microfossils from 1.9 billion years ago(Ga) Gunflint Formation, Canada

*笹木 晃平[1]、石田 章純[1]、掛川 武[1]
*kouhei Sasaki[1], Akizumi Ishida[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

古原生代ガンフリント層微化石群の情報は太古代および初期原生代の微化石研究のモデルとなっているが, いまだにガンフリント層堆積場の表層環境と一次生産者に関して統一した見解はない. 本研究では, 19億年前のカナダ・ガンフリント層を対象に, 産状の異なる微化石を含む堆積岩において, それぞれ地質調査・鉱物観察・全岩化学組成分析および微化石の詳細な形態観察と局所分析を行った. シュライバー地域では, シアノバクテリアのコロニーおよび休眠細胞, 細胞膜上に放射状の突起構造を有するような真核生物であることを示唆する微化石が新たに発見された. また微化石局所分析から, 金属元素および有機物の軽元素の分布が明らかとなり, 特にNanoSIMSでの微化石のその場分析により膜の微細構造や生物活動に由来する可能性を持つ不均一な元素分布を初めて見出した. これらによってガンフリント微生物群は, 今まで考えられていた以上に多様性があり, 当時の微生物生態系がより詳細に明らかになった. ミンクマウンテン地域では, 地質調査や鉱物観察に加え, ストロマトライトに伴う微化石の形態から総合的に判断し, 局所的浅海における鉄酸化菌主体の生態系が発達していたことが示唆された. また, 同一堆積物は鉄や粘土鉱物に富んでおり, これらは浅海における還元的熱水活動にもたらされ, この地域における局所的な生態系形成に寄与した可能性が示された.

キーワード：ガンフリント層、微化石、ストロマトライト
Keywords: Gunflint Formation, microfossils, stromatolite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 201A 2F

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)、座長:掛川 武、白石 史人(広島大学)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

15:30 ~ 15:45

[BBC03-07] Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3] (1.東京工業大学、2.東京海洋大学、3.海洋研究開発機構)

15:45 ~ 16:00

[BBC03-08] **Origins of volcanic SO_2 on Earth**

*Hiroshi Ohmoto[1] (1.The Pennsylvania State University)

16:00 ~ 16:15

[BBC03-09] **Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa**

*Andrea Agangi[1,2]、Axel Hofmann[2]、Dora Paprika[2]、Andrey Bekker[2,3]、Frantz Ossa-Ossa[2,4] (1.Akita University、2.University of Johannesburg、3.University of California、4.University of Tuebingen)

16:15 ~ 16:30

[BBC03-10] New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1]、Lewis Ward[2]、Takeshi Kakegawa[3]、Yuichiro Ueno[1]、Mayuko Nakagawa[1] (1.Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology、2.Harvard University、3.Tohoku University)

16:30 ~ 16:45

[BBC03-11] Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:45 ~ 17:00

[BBC03-12] Exploring planetary habitability beneath the oceans

★Invited Papers

*稲垣 史生[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

Secular variation of multiple sulfur isotopic compositions of sulfate and sulfide during long term incubation of *Desulfovibrio desulfuricans*

*松浦 史宏[1]、牧田 寛子[2]、高井 研[3]、上野 雄一郎[1,3]
*Fumihiro Matsuura[1], Hiroko Makita[2], Ken Takai[3], Yuichiro Ueno[1,3]

1. 東京工業大学、2. 東京海洋大学、3. 海洋研究開発機構
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tokyo University of Marine Science and Technology, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science & Technology (JAMSTEC)

Incubation experiments of sulfate reducing microbes have been carried out since 1950s to quantify sulfur isotope fractionation. Sulfur isotope fractionation models are constructed from the results of these experiments. These models are applicable only when steady state is accomplished in the cells; thus, most of incubation experiments targeted cells exponential growth phase. We aimed to quantify the isotope fractionation in stationary to death phase of the cells and carried out two series of incubation experiment of sulfate reducing bacteria, *Desulfovibrio desulfuricans* (DSM-642), until c.a. 2000 hours. In addition, we used glucose as electron donor to make cell specific sulfate reduction rate low. Cells grew linearly rather than exponentially until cell concentration became c.a. 2×10^7 cells/mL in the early stage of incubation. Calculated sulfur isotope fractionation increased from 13.5±3.7‰ at the earliest stage of linear growth phase to 70.5±21.0‰ at the middle of linear growth phase. The cell specific sulfate reduction rate was 1.0±0.3 fmol/cell/day when sulfur isotope fractionation became 70.5±21.0‰, consistent with the results of a previous study. In the stationary to death phase, sulfide concentration started decreasing on the contrary to our expectation. Besides, $\delta^{34}S_{sulfide}$ value increased concomitant with the decrease of $\Delta^{33}S'_{sulfide}$ value. The $\delta^{34}S'_{sulfide}$ and $\Delta^{33}S'_{sulfide}$ have good linear correlation, and that indicate a sulfide originated reaction in a closed system with a unique fractionation factor dominates sulfur cycle during stationary to death phase. The calculated enrichment factors of the reaction in the two series experiments are 10.5‰ and 30‰. These enrichment factors are large compared to those of biotic or abiotic sulfide oxidation experiments of previous studies. We checked the reaction occur without cells and infer that the reaction is caused from sulfide oxidation by oxidants containing in the medium or sulfurization of organic matter containing in the medium.

キーワード：硫酸還元菌、硫黄同位体分別、長期間培養
Keywords: sulfate reducing bacteria, sulfur isotope fractionation, long term incubation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Origins of volcanic SO_2 on Earth

*Hiroshi Ohmoto[1]

1. The Pennsylvania State University

SO_2 is a principal volcanic gas today. The two important questions to be addressed are: (i). the origin of S atoms in volcanic SO_2; and (ii) whether or not SO_2 was an important volcanic gas of early Earth. I have approached these questions from: (a) thermodynamic- and kinetic analyses of various reactions involving S-bearing species in silicate melts, fluids, rocks, minerals, and aqueous solutions at T = 0-1500 ˚C and P = 1-10 kb, and (b) examinations of the chemical and S-isotopic characteristics of volcanic gases and rocks in various tectonic settings on modern Earth. Here are some of the important suggestions from these investigations:

1. All of the S-bearing species from submarine volcanic eruptions have been nearly completely trapped in oceans through reactions such as: $H_2S_{(g)} = H_2S_{(aq)}$; $4SO_{2(g)} + 4H_2O = 3HSO_4^- + H_2S_{(aq)} + 3H^+$; $S_{8(g)} = 8S_{(s)}$; and $7H_2S_{(aq)} + HSO_4^- + 4Fe^{2+} = 4FeS_{2(py)} + 7H^+ + 4H_2O$. S-bearing volcanic gases have only been emitted into the atmospheres by subaerial eruptions. Therefore, on the ocean-covered planets, possibly including the pre-3.0 Ga Earth, S-bearing gases have not been emitted into the atmospheres.

2. The fluids that originated from normal-mantle-derived-magmas (i.e., $\log fO_2$ = FMQ-2 to FMQ+0.5) were initially H_2S-rich and SO_2-poor, whereas those from subduction-related arc magmas (i.e., $\log fO_2$ = FMQ+0.5 to FMQ+3) were initially SO_2- and/or H_2S-rich.

3. H_2S-rich magmatic fluids may become SO_2-rich gas, if: (i) the fluids were derived from high fO_2 magmas (i.e., $\log fO_2$ > FMQ) and ascended slowly through conduits (i.e., diffusive eruptions) and re-equilibrated with wall-rocks at P_{H2O}<10 bars, or (ii) the fluids are oxidized by reactions with an O_2-rich atmosphere, -groundwater and/or high-fO_2 wall-rocks during and/or after the ascent through conduits. In the absence of (i) and (ii), such as the Earth prior to the oxygenation of the atmosphere, H_2S-rich magmatic fluids were not transformed to SO_2 during eruptions.

4. SO_2-rich fluids from arc magmas would remain SO_2-rich during explosive or diffusive eruptions. However, if the fluids cool down to <~700˚C, SO_2 transforms to H_2S.

5. Volcanic SO_2 from arc magmas was transformed from seawater sulfate through the following processes: (i) formation of pyrite, hematite and anhydrite by reactions between SO_4^{2-}-rich seawater and hot basalts on MORs; (ii) devolatilization of H_2O- and SO_2-rich fluids from the subducting oceanic crust; (iii) formation of oxidized- and SO_4^{2-}-rich magmas by partial melting of peridotite in the mantle wedges, and (iv) degassing of SO_2-rich fluids from these magmas. If the oceans were SO_4^{2-}-poor, volcanic gases from arc magmas would be SO_2-poor.

6. Oceanic SO_4^{2-} has been produced mostly by the oxidative weathering of pyrite on land. Therefore, subaerial volcanic gases on planets with O_2-poor atmospheres would be SO_2-poor and H_2S-rich. Then, the current paradigm concerning the origin of mass-independent-fractionations of sulfur isotopes (MIF-S) in Archean-aged sedimentary rocks (i.e., the UV photolysis of volcanic SO_2 in an O_2-poor atmosphere) becomes invalid. Consequently, the MIF-S record in sedimentary rocks is not supportive evidence for the “Great Oxidation Event” at ~2.5 Ga ago. Furthermore, the current atmospheric O_2-evolution models,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

which are based on the premise of SO_2-rich volcanic gases throughout geologic time, become invalid.

(7). The MIF-S in the Archean- and younger sedimentary rocks may have been created by the chemisorption isotope effects during thermochemical reductions of seawater sulfates by hydrothermally-generated, very reactive organic matter.

Keywords: volcanic SO2, evolution of the atmospheric oxygen, arc magmatism, origin of MIF-S

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Volcanism, sedimentation, and development of life in a Mesoarchaean intracratonic setting: the Dominion Group, South Africa

*Andrea Agangi[1,2], Axel Hofmann[2], Dora Paprika[2], Andrey Bekker[2,3], Frantz Ossa-Ossa[2,4]

1. Akita University, 2. University of Johannesburg, 3. University of California, 4. University of Tuebingen

The ca. 3 billion-years-old Dominion Group of the Kaapvaal craton, South Africa is a >2 km-thick volcano-sedimentary succession emplaced in an intracontinental setting shortly after craton consolidation. As such, it represents one of the oldest examples of volcanism and sedimentation on stable continental crust. Deposition of the Dominion Group is interpreted to have occurred largely subaerially in a failed rift. In contrast to other Palaeo- to Mesoarchaean successions of the Kaapvaal craton, the Dominion Group is little deformed and was metamorphosed at greenschist facies grade, allowing excellent preservation of rock textures and chemical composition. The succession includes a thin basal conglomerate that marks a major, craton-scale nonconformity, and is overlain by sandstone. Volcanic rocks include intercalated massive to amygdaloidal mafic lavas of tholeiitic affinity, felsic lavas, and ignimbrites with high Fe/Mg.

In the area around the town of Ottosdal, the Dominion Group is represented by felsic volcanic rocks with intercalated, thin sedimentary layers that crop out discontinuously for several km along the strike. The presence of shallow, porphyritic intrusions that developed peperitic contacts with the sediments and the intense alteration developed in sediments underlying (but not in overlying) volcanic rocks indicate deposition of these sediments in a volcanically and hydrothermally active environment, such as volcanic lakes. These sediments are composed of carbonaceous and variably sulfidic shale and minor arenite and have a distinctive aluminium-rich composition (Al_2O_3 up to 36 wt.%) and very low contents of alkaline elements, Ca, and Fe (Na_2O content from below detection limit to 0.3 wt%; Fe_2O_3 = 0.1 to 1.6 wt%). The main mineral components of these sediments are pyrophyllite, diaspore, K-mica, rutile, and pyrite. No carbonate was found.

The total organic carbon content) is up to 1.5 wt%, and bulk-sample isotope analyses indicate strongly ^{13}C-depleted composition ($\delta^{13}C_{VPDB}$ = -45 to -29‰). These isotopic values are diagnostic of biogenic carbon fixation and the lowest, best-preserved values are indicative of methanogenesis and methanotrophy in a redox and chemically stratified shallow basin. Modern examples of volcanic environments hosting methane-producing Archaea, even under low pH and high temperature conditions, are known from Kamchatka, Russia and Argentina.

Our results indicate that restricted and ephemeral lakes that developed in Mesoarchaean volcanic environments shortly after the large-scale emergence of the Kaapvaal craton fostered life and were likely niches for life diversification. This ancient environment might be a better Mars analogue than modern caldera environments on Earth where the impact of advanced biosphere is more pronounced.

Keywords: Archaean, Terrestrial life, Alteration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

New microbial ecology results from genome centered metagenomics studies of iron carbonate and sulfidic hot springs

*Shawn E McGlynn[1], Lewis Ward[2], Takeshi Kakegawa[3], Yuichiro Ueno[1], Mayuko Nakagawa[1]

1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Harvard University, 3. Tohoku University

The ability to recover microbial genomes from metagenomic datasets has revolutionized how we understand microbial inhabitants in the environment, and is a powerful way to develop detailed hypotheses of community function and evolution. In this talk, I will discuss recent genomes we have recovered from two iron rich, carbonate hot springs in Japan, and contrast these to observations in low iron, sulfidic springs. Surprisingly, despite the different chemistry, some overall trends in phylogeny and physiology are observed, however water chemistry differences such as salinity and the availability of ferrous iron does alter the observed microbial inhabitants and physiologies.
These overall results will be discussed within the context of the possible ability to recognize microbial inhabitation on Earth through time.

Keywords: metagenomics, microbial ecology, geochemistry, geobiology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Superhabitability in ultradeep rocky environments

*鈴木 庸平[1]
*Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

It is challenging for life to proliferate in cold rocky habitats deeply isolated from photosynthetic organic matter. Although fluid circulation is previously considered to be necessary for supplying energy sources and oxidants, it is also considered that substrates available within the rocky environment are diluted by fluid circulation. As the abundance of microbial life within the rock matrix is largely unknown, I developed nanoscale analytical procedures to unveil the distributions of microbial cells, organic matters and low-temperature minerals. As a result of applying the analytical procedures to various deep-sea and subsurface rocky environments such as deep-sea hydrothermal vents, deep-sea ferromanganese crusts and deep subseafloor basaltic rocks, it is unexpectedly unveiled that the rocky habitats are superhabitalble with cell densities locally exceeding 10^{10}cells/cm^3. The superhabitablity might be explained by the coexistence of solid silicate phases such smectite clays that play roles in concentrating nutrients from the ambient fluid.In this presentation, I will introduce the analytical procedures and main results obtained from the ultradeep rocky habitats.

キーワード：地下生命圏 、ナノ生物地球科学、微生物生態学
Keywords: deep biosphere, nanobiogeoscience, microbial ecology

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring planetary habitability beneath the oceans

*稲垣 史生[1]
*Fumio Inagaki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Since Ocean Drilling Program (ODP) Leg 201 in 2002 off Peru and eastern equatorial Pacific, numerous geochemists and microbiologists have participated in multiple expeditions of scientific ocean drilling to explore subseafloor life and the deep biosphere beneath the oceans. The discovery of diverse microbial life in marine sediments and oceanic crusts worldwide points to a notion that subseafloor microbial ecosystems may have uniquely co-evolved with Earth's dynamics and this inevitable interrelationship has shaped environemnts for more than 3 billion years. Expanding our knowledge of the comprehensive ocean-Earth-life system through scientific ocean drilling inspires new insights into the essence of "planetary habitability"—down to the Earth’s upper mantle, which with today’s drilling technology provides the deepest yet accessible limit. The deep ocean offers windows into thick piles of ocean sediment and the Earth’s interior that has vast potentials for the development of sustainable ocean-Earth-life system in the past but also into the future, yet there is still a large insufficiency in our knowledge of the habitability extent of our own planet. Such explorations towards deep frontiers will lead us to an understanding of how and why life emerged on our planet, as well as an estimation (prediction) of the possible trajectories of life on Earth, and finally, will provide hints as to whether life persists in the other celestial bodies, and which ones are the most likely to be habitable and even inhabited.

キーワード：planetary habitability、subseafloor life、mantle drilling、deep biosphere、scientific ocean drilling
Keywords: planetary habitability, subseafloor life, mantle drilling, deep biosphere, scientific ocean drilling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 201A 2F

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:諸野 祐樹(JAMSTEC)、金子 雅紀(産業技術総合研究所)、加藤 真悟(理化学研究所)

我が国の学術水準は、科学の４大フロンティアである宇宙・地底・極域・深海の極限環境から試料を直接採取し、生命の起源や進化を研究することが可能である。また、ヒトゲノムに代表されるハイスループットな遺伝子配列決定法やナノテクノロジーの適用は、地球惑星科学に新たな知見をもたらす可能性を秘める。一方で、人類活動により地球は温暖化し、生態系の変化を介して生元素や微量元素の循環に大きな影響が及ぶことが懸念される。本セッションは「セクションの垣根」を越えて、地球惑星科学の生命圏フロンティアを開拓する研究を幅広く募集する。

9:00 ~ 9:15

[BCG06-01] 宇宙への開放系としての地球システムと、生命惑星をつくる五層構造

*丸山 茂徳[1] (1.東京工業大学地球生命研究所)

9:15 ~ 9:30

[BCG06-02] Holocene Antarctic subglacial weathering and ice-sheet history reconstructed using the $^{10}Be/^{9}Be$ ratios of lake Maruwan Oike sediments

*Adam David Sproson[1]、Yusuke Yokoyama[1,2]、Yoshinori Takano[2]、Yosuke Miyairi[1]、Takahiro AZE[1] (1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo、2.Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine Science and Technology)

9:30 ~ 9:45

[BCG06-03] Chemical speciation and solubility of heavy elements (lead, zinc, copper, arsenic and cadmium) in contaminated soil from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

*Baasansuren Gankhurel[1]、Keisuke Fukushi[2]、Akitoshi Akehi[1]、Yoshio Takahashi[3]、Kazuo Kawasaki[4] (1.Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University、2.Instutute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University、3.Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo、4.Graduate School of Science and Engineering for Research, Toyama University)

9:45 ~ 10:00

[BCG06-04] High-mass resolution molecular imaging of organic compounds on the Murchison meteorite.

★Invited Papers

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1,2] (1.九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2.九州大学大学院理学研究院)

10:00 ~ 10:15

[BCG06-05] Fe(II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits

★Invited Papers

*白石 史人[1]、中尾 鴻兵[1]、高島 千鶴[2]、狩野 彰宏[3]、板井 啓明[3] (1.広島大学、2.佐賀大学、3.東京大学)

10:15 ~ 10:30

[BCG06-06] Heme: The distribution and dynamics of a ubiquitous iron-tetrapyrrole molecule

*伊左治 雄太[1]、高野 淑識[1]、小川 奈々子[1]、大河内 直彦[1] (1.海洋研究開発機構)

宇宙への開放系としての地球システムと、生命惑星をつくる五層構造
Earth as an open system to the Universe, and five multi-layered spheres to produce a habitable planet

*丸山 茂徳[1]
*Shigenori Maruyama[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

<Purpose>

To understand the Earth’s history including life, we need to treat the Earth as an open system within the Universe. Such an approach has not yet fully considered. Here, I demonstrate it for the first time.

<Method>

Utilizing data set derived from geological evidences that have been collected through systematic rock sampling from all the continents over 30 years, we consider the Earth system as five multi-layered spheres, 1) atmosphere-ocean, 2) biosphere, 3) crust and upper mantle inn the framework of plate tectonics, 4) lower mantle driven by plume and superplume, and 5) metallic core to cause magnetosphere which protect the life on the surface. And this Earth system is driven by the internal heat of the solid Earth and/or the solar energy for the surface. Mutual interaction between these five spheres produce the Earth’s history including life.

<Result>

The most important key factor to keep mutual interactions between spheres is the function of plate tectonics continuing over 4.4 Gyr, which has been maintaining the Earth system as the robust systematic and dynamic equilibria. Specifically, plate tectonics has circulated carbon between atmosphere-ocean, biosphere, and crust and upper mantle through carbon fixation within sediments to produce a habitable planet. Biosphere plays another significant role as a buffer of CO_2 to stabilize atmospheric temperature within habitable status (not to evolve into Venus-like planet). However, biosphere has been critically influenced by galaxy-galaxy collisions happened at 4.5-4.0 Ga (birth of Earth and Prokaryote), 2.5-2.2Ga (birth of Eukarya), 0.8-0.5 Ga (plants and metazoans) appeared in association with frequent mass extinctions.

<Discussion>

Based on the understanding of Earth’s system and its history, we are able to extend it to our future, and predict the Earth’s history including final event of disappearance of the Earth in 8 billion years. I propose the biggest 20 events of Earth’s history including future Earth.

キーワード：地球システム、ハビタブル惑星、地球史20大事件
Keywords: Earth system, Habitable planet, The biggest 20 Earth's events

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Holocene Antarctic subglacial weathering and ice-sheet history reconstructed using the $^{10}Be/^{9}Be$ ratios of lake Maruwan Oike sediments

*Adam David Sproson[1], Yusuke Yokoyama[1,2], Yoshinori Takano[2], Yosuke Miyairi[1], Takahiro AZE[1]

1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2. Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine Science and Technology

Glaciers play an important role in the climate system via freshwater storage and the transportation of various materials from the continents to the oceans. Enhanced discharge of the former during melting events can influence global sea-level, while enhanced silicate weathering resulting from the latter can drive a reduction in atmospheric CO_2. Although these processes are known to be important through geological time, temporal changes in chemical weathering intensity and meltwater flux for the East Antarctic Ice Sheet (EAIS) are not well understood. During the last deglaciation, the EAIS retreated significantly (*1, 2*), forming isolated basins via glacio-hydro-isostatic adjustment (GIA) related crustal uplift. Sediment accumulated in these lakes provide a unique record of subglacial weathering and ice-sheet history throughout deglaciations when global temperatures and pCO_2most notably rose.

Meteoric ^{10}Be is produced in the atmosphere by cosmic rays and delivered to the Earth and ocean surface via dust and precipitation. In Antarctica, these sources of ^{10}Be become locked up in ice sheets and are subsequently released to the continental shelf during periods of melting and freshwater discharge (*3*), where they adhere to suspended particles in the water column and subsequently accumulate on the basin floor (*4, 5*). Stable ^{9}Be is present in silicate rocks and is released during subglacial weathering (*5*), with little simultaneous release of ^{10}Be (*4*), and transported to the oceans via meltwater outflow. When Be is incorporated into the authigenic phase of marine sediments, the $^{10}Be/^{9}Be$ reflects that of the overlying water column (*6*), which in turn reflects the relative dominance of freshwater flux and/or subglacial weathering.

Here, we present authigenic $^{10}Be/^{9}Be$ ratios for a sedimentary core from Lake Maruwan Oike situated at the head of the Rundvåg glacier in the Lützow-Holm Bay area of East Antarctica. Sedimentary material from L. Maruwan Oike provides an ~6,000 year record of subglacial weathering and nutrient input from the nearby glacier (*7*). Authigenic $^{10}Be/^{9}Be$ records reflect variations in freshwater flux and subglacial weathering and indicate several periods of enhanced melting of the Rundvåg glacier. This study provides further constraints on EAIS fluctuations during the Holocene and offers an insight into the behaviour of beryllium in high-latitude subglacial-marine systems.

Reference

1. M. Yamane*et al.*, The last deglacial history of Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Journal of Quaternary Science* **26**, 3-6 (2011).
2. A. N. Mackintosh*et al.*, Retreat history of the East Antarctic Ice Sheet since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* **100**, 10-30 (2014).
3. Q. Simon*et al.*, Authigenic 10Be/9Be ratios and 10Be-fluxes (230Thxs-normalized) in central Baffin Bay sediments during the last glacial cycle: Paleoenvironmental implications. *Quaternary Science Reviews* **140**, 142-162 (2016).
4. R. P. Scherer*et al.*, Pleistocene Collapse of the West Antarctic Ice Sheet. *Science* **281**, 82 (1998).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

5. C. Sjunneskog, R. Scherer, A. Aldahan, G. Possnert, 10Be in glacial marine sediment of the Ross Sea, Antarctica, a potential tracer of depositional environment and sediment chronology. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* **259**, 576-583 (2007).
6. F. von Blanckenburg, J. Bouchez, River fluxes to the sea from the ocean’s 10Be/9Be ratio. *Earth and Planetary Science Letters* **387**, 34-43 (2014).
7. Y. Takano, H. Kojima, E. Takeda, Y. Yokoyama, M. Fukui, Biogeochemistry and limnology in Antarctic subglacial weathering: molecular evidence of the linkage between subglacial silica input and primary producers in a perennially ice-covered lake. *Progress in Earth and Planetary Science* **2**, 8 (2015).

Keywords: Beryllium, Holocene, Antarctica, Weathering, Glacier

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Chemical speciation and solubility of heavy elements (lead, zinc, copper, arsenic and cadmium) in contaminated soil from Kamegai mine tailing, Toyama, Japan

*Baasansuren Gankhurel[1], Keisuke Fukushi[2], Akitoshi Akehi[1], Yoshio Takahashi[3], Kazuo Kawasaki[4]

1. Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, 2. Instutute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 3. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 4. Graduate School of Science and Engineering for Research, Toyama University

Heavy metals such as lead, zinc, copper, arsenic and cadmium are usually found in surface soils affected by mining or smelting activities, agricultural practices and industrial areas [1,2,3]. Hara et al., [4] showed that some heavy metals including lead, arsenic and cadmium in soil surrounding the mine tailing area in Toyama Prefecture, Japan has largely exceeded the environmental standards. The total amount of trace metals in soils is generally not sufficient to assess environmental impacts of metal contamination. Therefore, chemical forms and binding types of metals enables evaluation of their behavior and bioavailability in the soil environment.The objectives of the present study were to understand the chemical speciation of As, Zn, Cu, Pb and Cd from Kamegai mine tailing area by means of sequential extraction procedure combined with synchrotron based XAFS and electron microscope.

Thirty-two soil samples were analyzed, determining the chemical fractionation of Pb, Cd, As, Zn and Cu using by the five-step sequential extraction (SEP), X-ray absorption fine structure (XAFS), X- ray diffractometer (XRD) and scanning electron microscopy. The results of SEP showed that most of the Pb was associated with non-residual fractions, mainly in crystalline iron oxides (goethite). The Cd appeared mainly associated carbonate fraction in the roots of the dried plants in the soils. The XAFS spectra of the samples showed that Pb in the soil are adsorption forms with Fe-(hydr)oxides surface. Results of XAFS analysis showed Cd in the samples are $CdCO_3$, coprecipitated with $CaCO_3$. Zn, Cu and As appeared mainly associated with the amorphous and crystalline iron oxides. Heavy metals associated with carbonates, amorphous and crystalline iron oxides, thus being potentially more mobile to the environment if conditions were more acidic or reducing.

[1] Kaasalainen, M, and Markku Y. 2003. *Environmental Pollution*126(2): 225–33. [2] Nannoni et al. 2011. *Geoderma*161(1–2): 63–73. [3] Sterckeman et al. 2000. *Environmental pollution*107(3): 377–89. [4] Junko et al. 2014. 3(7): 193–96.

Keywords: soil, heavy metals, speciation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

High-mass resolution molecular imaging of organic compounds on the Murchison meteorite.

*橋口 未奈子[1]、奈良岡 浩[1,2]
*Minako Hashiguchi[1], Hiroshi Naraoka[1,2]

1. 九州大学惑星微量有機化合物研究センター、2. 九州大学大学院理学研究院
1. Research Center for Planetary Trace Organic Compounds, Kyushu University, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University

Introduction: Primitive meteorites contain a wide variety of organic molecules. The CHO, CHNO, CHNOS and CHN species have been identified using high-resolution mass spectroscopy for the solvent extracts of carboneceous chondrites [1-3]. These organic compounds could be synthesized and evolved via interaction of fluid with minerals [3-5]. Therefore, spatial distribution of meteoritic organic compounds is important to reveal the organic-mineral association on the parent bodies. Recently, in-situ analysis of polar organic compounds on the meteorite surface was achieved by desorption electrospray ionization/high-resolution mass spectrometry (DESI/HRMS) [7]. In this study, we further performed the DESI-HRMS imaging on the Murchison meteorite to understand the relationship between spatial distribution of polar organic compounds and minerals.
Experimental: The fragment of the Murchison meteorite (CM2) (~ a few mm) obtained by chipping was embedded in indium (In). The DESI-HRMS imaging was performed using a DESI ion source (Omni Spray 2-D, Presolia) equipped with an Orbitrap mass spectrometer (Q-Exactive Plus, Thermo Scientific) with mass resolution of ~140,000 at *m/z* 200. Methanol (LC-MS grade) was sprayed on the sample surface with a 1 or 2 μl/min flow rate. The spatial resolution was approximately 100 μm. FESEM-EDS analysis was also carried out without coating and polishing after the DESI-HRMS imaging. The surface of the Murchison meteorite fragment embedded in indium was also extracted with MeOH, and the resulting solution was applied for HPLC-HRMS to obtain chemical structural information on the organic compounds.
Results and Discussion: Alkylated homologues of $C_nH_{2n-1}N_2^+$ (n = 7–9) and $C_nH_{2n}NO^+$ (n = 9–14) were detected on the sample surface by the DESI-HRMS imaging. HPLC/HRMS analysis of MeOH extracts from the sample surface after the DESI/HRMS imaging indicated that the $C_nH_{2n-1}N_2^+$ homologues correspond to alkylimidazole, and that a few structural isomers of the $C_nH_{2n}NO^+$ homologues were present in the sample.The alkylimidazoles and $C_nH_{2n}NO^+$ homologues displayed different spatial distributions in the Murchison fragment. Moreover, the distribution pattern of compounds also different among the same homologues. These results may be due to the separation of isomers by similar chromatographic effects, or different synthetic pathways. The alkylimidazoles and $C_nH_{2n}NO^+$ homologues are mainly distributed in the matrix region of the Murchison by mineralogical observations, which is consistent with previous reports. Altered minerals (e.g., Fe-oxide, Fe-sulfide, and carbonates) occurred in this region. However, no clear relationship was found between these minerals and the organic compounds detected by DESI/HRMS imaging. Although this result might be due to scale differences between the spatial resolution of DESI-HRMS imaging and the grain size in the matrix of the Murchison, our results would indicate that alkylimidazoles and the $C_nH_{2n}NO^+$ homologues in the Murchison fragment were mainly synthesized by different processes from hydrothermal alteration on the parent body.

References: [1] Schmitt-Kopplin P. *et al.* 2010. *PNAS*, 107:2763. [2] Yamashita Y. and Naraoka H. 2014. *Geochem. J*, 48: 519. [3] Naraoka et al. 2017. *ACS,* 1, 540–550. [5] Le Guillou C. and Brearley A. 2014. *GCA*, 131, 344-367. Ito M. *et al.* 2016, *Goldschmidt Conference*, 2016. #1297. [6] Takáts Z. *et al.* 2004. *Science*, 306: 471. [7] Naraoka H. and Hashiguchi M. 2018. Rapid Commun Mass Spectrom. 32:959.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：炭素質コンドライト、有機分子イメージング
Keywords: Carbonaceous chondrite, Molecular imaging of organic compounds

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fe(II) oxidation processes at the surface of bacterially colonized iron deposits

*白石 史人[1]、中尾 鴻兵[1]、高島 千鶴[2]、狩野 彰宏[3]、板井 啓明[3]
*Fumito Shiraishi[1], Kohei Nakao[1], Chizuru Takashima[2], Akihiro Kano[3], TAKAAKI ITAI[3]

1. 広島大学、2. 佐賀大学、3. 東京大学
1. Hiroshima University, 2. Saga University, 3. The University of Tokyo

Fe(II) oxidation processes at the surfaces of bacterially colonized iron deposits are examined at three hot springs in Japan for which the chemical profiles of the pH, redox, and O_2 and Fe(II) concentrations at the water/deposit interface are measured via microelectrodes. The three hot springs share similar bulk chemistry with a weakly acidic pH of 5.7–6.3, a high iron concentration of 50–130 μM, and a high dissolved inorganic carbon concentration of 20–60 mM. At the Sambe and Shionoha hot springs where the bulk water O_2 concentration is ca. 80 μM, abiotic Fe(II) oxidation via autocatalysis prevails. At the Okuoku-hachikurou hot spring where the bulk water O_2 concentration is ca. 50 μM, autocatalytic Fe(II) oxidation is suppressed and biotic Fe(II) oxidation induced by cyanobacterial photosynthesis is effective. These observations indicate that an O_2 concentration of ca. 50 μM is the threshold of reversing the relative contribution of biotic and abiotic Fe(II) oxidation. Protons from Fe(II) oxidation are compensated by reactions among the dissolved inorganic carbon species, which sustain the pH condition and continuous Fe(II) oxidation at the deposit surface. The observations of this study provide implications for understanding the deposition of banded iron formations in the geological past.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heme: The distribution and dynamics of a ubiquitous iron-tetrapyrrole molecule

*伊左治 雄太[1]、高野 淑識[1]、小川 奈々子[1]、大河内 直彦[1]
*Yuta Isaji[1], Yoshinori Takano[1], Nanako O. Ogawa[1], Naohiko Ohkouchi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Hemes are Fe(II)-tetrapyrrole complexes that catalyze various electron transfer and redox reactions. They are essential for biological systems, and are possessed by all life forms. Because heme-iron represents as much as 40% of the iron pool in phytoplankton (Gledhill, 2007), hemes in the biomass likely comprise a major fraction in the bioavailable-iron pool which limits primary productivity in over 30% of the world oceans (Moore et al., 2013). They are also expected to be found in the sediments, either as allochthonous compounds deposited from the water column or synthesized in situ by the benthic and subsurface microorganisms. It is noteworthy that etioporphyrin III preserved in various sedimentary rocks, which is supposedly derived from heme, has a highly distinct carbon and nitrogen isotopic compositions ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) with respect to other chlorophyll-derived porphyrins in Cretaceous black shales (Ohkouchi et al., unpub. results). As such, hemes are ubiquitous in any environment where life exists, but little is known on their distribution and dynamics in natural environments.

Here, we established a new analytical method to quantify, isolate, and purify heme *b*, a major homolog of hemes, from various environmental samples. Detection of picomole levels of heme *b* is achieved with a photodiode-array detector connected to HPLC, which covers the heme *b* concentration range in particulate (> 0.7 μm; 0.15 nmol L^{-1}) and dissolved organic matter (> 3000 Da; ~0.006 nmol L^{-1}) in the coastal seawater of Tokyo Bay, as well as that in the surface sediments of the Japan Sea (~0.03 $\mu g\ g^{-1}$ dry weight). Importantly, concentration of heme *b* in the dissolved phase was contrastingly low with respect to that in the particulate phase of the coastal seawater, which imply that hemes may constitute a major fraction of the regenerated iron in the ocean. The $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ values of heme *b* isolated and purified from various environmental samples are determined with our modified EA/IRMS (Ogawa et al., 2010). These isotopic values will be compared with those of chlorophylls and amino acids, which will reveal the sources of hemes in natural environments and the isotopic fractionation associated with their biosynthesis. Our new analytical approach will provide first detailed insights into the ubiquitous iron-tetrapyrrole molecule playing an essential role in biogeochemical cycle.

キーワード：ヘム、鉄循環、炭素・窒素同位体比、高速液体クロマトグラフィー
Keywords: Heme, Iron cycle, Carbon and nitrogen isotopes, HPLC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 201A 2F

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、座長:高野 淑識(JAMSTEC)、福士 圭介、鈴木 庸平(東京大学)

我が国の学術水準は、科学の４大フロンティアである宇宙・地底・極域・深海の極限環境から試料を直接採取し、生命の起源や進化を研究することが可能である。また、ヒトゲノムに代表されるハイスループットな遺伝子配列決定法やナノテクノロジーの適用は、地球惑星科学に新たな知見をもたらす可能性を秘める。一方で、人類活動により地球は温暖化し、生態系の変化を介して生元素や微量元素の循環に大きな影響が及ぶことが懸念される。本セッションは「セクションの垣根」を越えて、地球惑星科学の生命圏フロンティアを開拓する研究を幅広く募集する。

10:45 ~ 11:00

[BCG06-07] クロロフィル色素の生合成酵素の多様性と進化

★招待講演

*塚谷 祐介[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

11:00 ~ 11:20

[BCG06-08] **Microdolomites are not MDACs: microbially-derived carbon source for microcrystalline dolomite found within massive gas hydrates and implications for the shallow marine carbon cycle**

★Invited Papers

*Glen Snyder[1]、Ryo Matsumoto[1]、Naizhong Zhang[1]、Yoshihiro Kakizaki[2]、Yohey Suzuki[2]、Yuji Sano[3]、Naoto Takahata[3]、Kentaro Tanaka[3]、Takumi Imajo[5]、Stephen Bowden[4] (1.Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University、2.University of Tokyo、3.AORI, University of Tokyo、4.University of Aberdeen, Scotland、5.Tokyo University of Marine Science and Technology)

11:20 ~ 11:35

[BCG06-09] **Discriminative biogeochemical signatures of methanotrophs inhabiting different chemosynthetic fields in an active mud volcano of the Canadian Beaufort Sea**

*Dong-Hun Lee[1]、Yung Mi Lee[2]、Jung-Hyun Kim[2]、Young Keun Jin[2]、Charles Paull[3]、Helge Niemann[4,5]、Ji-Hoon Kim[6]、Kyung-Hoon Shin[1] (1.Hanyang Univ.、2.KOPRI、3.MBARI、4.NIOZ and Utrecht Univ.、5.CAGE, UiT 、6.KIGAM)

11:35 ~ 11:50

[BCG06-10] メタン生成アーキアのコア脂質主成分2-ヒドロキシアーキオールのアルキル鎖側の水酸基の絶対立体配置決定

*山内 敬明[1]、金子 雅紀[2] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2.産業総合研究所)

11:50 ~ 12:10

[BCG06-11] Mineral-Microbe interaction – Identification of extracellular electron transfer mechanisms by using MetaOmics approach

★Invited Papers

*石井 俊一[1]、鈴木 志野[1]、Kenneth Nealson[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.南カリフォルニア大)

12:10 ~ 12:15

[BCG06-12] Interactive discussion with the invited speakers

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

クロロフィル色素の生合成酵素の多様性と進化
Diversity and evolution of biosynthetic enzymes for chlorophyll pigments

*塚谷 祐介[1]
*Yusuke Tsukatani[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Photosynthesis is the process converting light energy to chemical potential energy. In phototrophic organisms, chlorophyll (Chl) and bacteriochlorophyll (BChl) pigments are essential for harvesting light energy, migrating excited energy, and transferring electrons. How photosynthesis is emerged on early earth is enigmatic, but pigments are theoretically required first in the ancient phototrophs to absorb light and start photo-induced reactions. A classic question on the evolution of pigment biosynthesis is whether Chl was evolved first or BChl first? Chl molecules mainly absorb visible light wavelength, whereas BChls absorb longer wavelength including near-infrared light region. Therefore, to know which pigment is first evolved is important to know atmospheric environment on early earth. The steps diverging to Chl or BChl in pigment biosynthetic pathways are catalyzed by enzymes similar to nitrogenase. One of the nitrogenase-like enzymes is chlorophyllide oxidoreductase which also catalyzes branching steps toward BChl-*a* and BChl-*b*. BChl-*b* absorbs longest light wavelength among naturally occurring pigments. In my talk, pigment structures and their diversified biosynthetic pathways that we recently revealed will be introduced and experimental approach to solve the evolution of chlorophyllous pigments will be presented.

キーワード：光合成進化、色素、バクテリオクロロフィル、クロロフィル
Keywords: Evolution of photosynthesis, Pigment, Bacteriochlorophyll, Chlorophyll

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microdolomites are not MDACs: microbially-derived carbon source for microcrystalline dolomite found within massive gas hydrates and implications for the shallow marine carbon cycle

*Glen Snyder[1], Ryo Matsumoto[1], Naizhong Zhang[1], Yoshihiro Kakizaki[2], Yohey Suzuki[2], Yuji Sano[3], Naoto Takahata[3], Kentaro Tanaka[3], Takumi Imajo[5], Stephen Bowden[4]

1. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 2. University of Tokyo, 3. AORI, University of Tokyo, 4. University of Aberdeen, Scotland, 5. Tokyo University of Marine Science and Technology

Methane derived authigenic carbonates (MDACs) are commonly found associated with both active and remnant submarine seeps and, under favorable conditions of pressure and temperature, are also found in close contact with marine methane hydrate. Recently, we have discovered microdolomitic aggregates inside of massive Japan Sea gas hydrates. These are fundamentally different, both in chemistry, stable isotopic composition and growth habit to the MDACs encountered outside of the hydrates. Phylogenetic analysis of microbial DNA within the dolomites reveals primarily Bacteriodetes, bacteria whose principal energy source is the degradation of complex macromolecules such as oils. Actual analysis of the oils found inside of the Sea of Japan gas hydrate confirms that they are biodegraded during burial. Previous investigations of MDACs have focused on ANME methane oxidizers (ANME) and sulfate reducing bacteria (SRB) as the primary drivers for MDAC precipitation in shallow sediment. The discovery of microbial dolomites inside saline gas-hydrate inclusions opens up a number of research avenues and applications such as: Mars-analogue studies, microbial remediation of marine oil-spills, and investigations into the role of shallow marine microbes in the conversion of organic carbon into dissolved inorganic carbon. This study was conducted under the commission from AIST as part of the methane hydrate research project funded by the Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan. Ongoing work is being carried out thanks to a Grant-in-aid provided by the Japan Society for Promotion of Science and the Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, and Technology (Kaken Project # 17K05712).

Keywords: Gas Hydrate, Sea of Japan, Dolomite, Biomineralization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discriminative biogeochemical signatures of methanotrophs inhabiting different chemosynthetic fields in an active mud volcano of the Canadian Beaufort Sea

*Dong-Hun Lee[1], Yung Mi Lee[2], Jung-Hyun Kim[2], Young Keun Jin[2], Charles Paull[3], Helge Niemann[4,5], Ji-Hoon Kim[6], Kyung-Hoon Shin[1]

1. Hanyang Univ., 2. KOPRI, 3. MBARI, 4. NIOZ and Utrecht Univ., 5. CAGE, UiT , 6. KIGAM

In this study, we investigated vertical variations in methanotrophic communities in assosication with varying methane fluxes within a mud volcano (420 m water depth, MV420) of the Canadian Beaufort Sea, by analysing geochemical properties, microbial lipids, and nucleic acid signatures. Three push cores were collected from visually discriminative chemosynthetic fields that were (i) bare of organisms (BO) to the naked eye, (ii) covered with bacterial mats (BM), or (iii) siboglinid tubeworms (ST), by using a remotely operated vehicle (ROV). The methane fluxes were highest at the sites of BO (0.06 mmol cm^{-2} y^{-1}) and BM (0.04 mmol cm^{-2} y^{-1}) and substantially lower at the ST site (0.01 mmol cm^{-2} y^{-1}). All MV420 sites showed the presence of aerobic methane oxidation (MOx)- and anaerobic methane oxidation (AOM)-related lipid biomarkers (4-methyl sterols and *sn*-2-hydroxyarchaeol, respectively), which were distinctly different in comparison to the reference site where these compounds could not be detected. Our lipid biomarker results are furthermore in good agreement with 16S rRNA analyses, which revealed the presence of MOx-related bacteria (*Methlyococcales*) and AOM-related archaea (ANME-2 and ANME-3 groups) at the MV420 sites. The 4-methyl sterols derived from *Methlyococcales* were predominant in the surface layer at the BM site with a moderate methane flux, while their occurrence was limited at the BO and ST sites. Notably, the abundances of AOM-related lipid biomarkers were minor at the BO site where the methane flux was highest. However, ANME-3 and sulfate reducing bacteria (*Desulfobacteraceae* and *Desulfobulbaceae*) were abundant in the downcore sediments at the BM site. On the other hand, the abundances of the ^{13}C-depleted *sn*-2-hydroxyarchaeol potentially derived from ANME-2 and/or ANME-3 groups was predominant at the ST site, indicating their co-occurrence under a lower methane flux. Accordingly, our results suggest that a niche diversification within this MV system has shaped distinct methanotrophic communities due to the availability of electron acceptors in association with varying degree of methane fluxes and bioirrigation activity.

Keywords: Arctic, Mud volcano, chemosynthetic organism, Anaerobic methane oxidation, Aerobic methane oxidation, Methanotroph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタン生成アーキアのコア脂質主成分2-ヒドロキシアーキオールのアルキル鎖側の水酸基の絶対立体配置決定

Determination of the absolute stereochemistry of the hydroxyl group in 2-hydroxyarchaeol, the main lipid core of methanogenic and methanotrophic archaea

*山内 敬明[1]、金子 雅紀[2]
*Noriaki YAMAUCHI[1], Masanori Kaneko[2]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門、2. 産業総合研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

様々な極限環境で生育する特徴的な微生物の一群であるアーキアの主な特徴は，膜脂質が，イソプレノイドがグリセロールにエーテル結合したものであることである。特にメタン生成，メタン資化性アーキアにおいては，イソプレノイドのアルキル基のC-3位に水酸基が結合したアルキル基を持ったヒドロキシアーキオールが主成分となっている。またこの水酸基を持ったアルキル基のグリセロール結合位置に関する異性体として，*sn*-2-ヒドロキシアーキオール(**1**)と*sn*-3-ヒドロキシアーキオール(**2**)が存在し，これらは微生物種によって特異的である[1]。

ヒドロキシアーキオールは海底下におけるメタンハイドレート形成と蓄積から，嫌気的メタン酸化，湖沼から反芻動物の消化管のような小さなフィールドでのメタン生成に至るまで様々なC-1代謝に関わっている微生物の活動を示す分子（バイオマーカー）として重要な化合物であり，構造の決定[1]と，フィールド試料の分析[2][3][4]が各地で行われてきたが，この水酸基の絶対立体化学については未だ決定されていなかった。

発表者は2-ヒドロキシアーキオールの標準物質供給を目的としてこの水酸基がラセミ体である化合物の合成を行い，誘導体のガスクロマトグラフィー分析等を行ったところ，水酸基の立体化学に由来する1:1化合物のように見えるという結果を得た[5]。多くの文献資料ではこの化合物は単一化合物として分析されている結果とは異なっていた。

そこで今回この水酸基の立体化学について，あらかじめ不斉合成によって絶対立体配置の定まった２つの立体異性体のエーテル鎖に相当する部分を合成し，さらにヒドロキシアーキオールに導き，実際の生産菌の脂質コアと比較することで絶対立体配置を決定することにした。

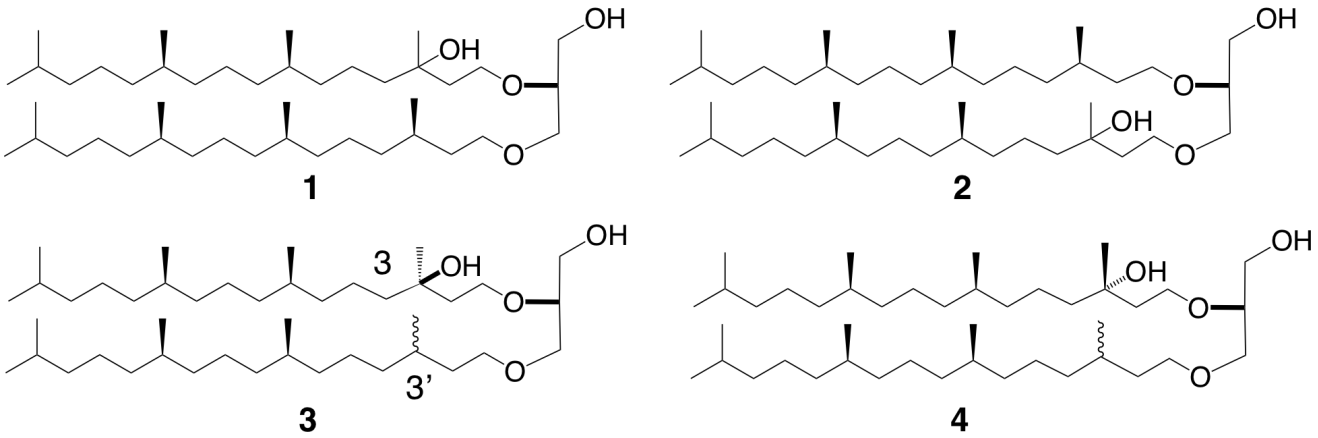
化学合成はフィトールのKatsuki-Sharpless反応により生成した立体選択的エポキシドからエーテル鎖相当部分を合成し，キラルグリセロール誘導体とのエーテル結合形成を含む過程で行い二異性体（**3**および**4**）を得た。一方2-ヒドロキシアーキオールの生産菌*Methanosarcina barkii*より脂質コアを抽出調製し，2-ヒドロキシアーキオールを調製した。“ラセミ化体” 2-ヒドロキシアーキオール，化学合成による２つの立体異性体，そして微生物由来の2-ヒドロキシアーキオールを比較したところ，誘導体のガスクロマトグラフィーにより，微生物由来の2-ヒドロキシアーキオールと3*R*体（**3**）が一致し，2-ヒドロキシアーキオールの水酸基の絶対立体配置は3*R*であることが決定できた。また合成品（**3**および**4**）は水酸基を含まない飽和アルキル鎖をフィトールの水素添加で調製したことより，相当するメチル基の立体化学に伴いC-2‘位炭素が等価な２ピークを与えるのに対し，微生物由来の試料ではこれが１ピークであるといった興味深い結果も得られた。これは微生物由来試料は１つの異性体であり，水酸基を含まないアルキル鎖のメチル基の絶対立体配置も膜の性質に影響を与える可能性が高いことを示唆する。

[1] Sprott et al.,J Biol Chem(1990) 265: 13735.
[2] Hinrichs et al., Nature (1999) 398:802.
[3] Blumenberg et al., Science (2004) 101, 11111.
[4] Stadnitskaia et al., Org Geochem (2008) 39:1007.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[5] Yamauchi Res Org Geochem (2014) 30:33.

キーワード：メタン生成菌、メタン資生化菌、アーキオール、構造決定
Keywords: methanogenic archaea, methanotrophic archaea, archaeol, structural determination



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mineral-Microbe interaction –Identification of extracellular electron transfer mechanisms by using MetaOmics approach

*石井 俊一[1]、鈴木 志野[1]、Kenneth Nealson[2]
*Shunichi Ishii[1], Shino Suzuki[1], Kenneth H Nealson[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 南カリフォルニア大
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. University of Southern California

Microbial reduction of solid minerals such as iron-oxides and manganese-oxides is known to occur as a result of microbial extracellular electron transfer (EET). These electron transfer activities coupled with the oxidation of organic carbon or hydrogen are considered to play important roles within complex microbial communities in soil, sediment, and the deep subsurface environments. The surface redox potentials of solid-phase oxide minerals are known to be highly variable because of variations in the crystal structure, pH, salinity, and levels of hydration, posing major challenges for EET-capable microbes to adapt in the habitats. In fact, the *in situ* redox potentials of solid-state electron acceptors have been regarded as significant geochemical variables linked to the regulation of functional genes in the EET-capable microbes. However, mechanisms that the microbes use to perform respiration of insoluble metal-oxide minerals showing different surface redox potentials are complex and are not yet well understood.

Here, we used bioelectrochemical systems to systematically evaluate the effects of surface redox potentials (e.g. +100 mV, −50 mV, −200 mV vs SHE) on EET-active microbial community development and the overall electron transfer rates. The results clearly indicate that faster biocatalytic rates were observed under electropositive electrode surface potentials than the electronegative potentials. Temporal 16S rRNA-based microbial community analyses showed that *Geobacter* phylotypes were highly diverse and apparently dependent on the surface potentials. The well-known dissimilatory metal-reducing microbes affiliated with *Geobacter metallireducens* clade were associated with lower surface potentials and less current generation, whereas *Geobacter* subsurface clades were associated with higher surface potentials and greater current generation. These results suggest that surface potentials provide a strong selective pressure, at the species and strain level, for solid mineral respirators throughout the EET-active community development.

Next, we show metabolic and transcriptional responses of the EET-active microbial communities established on the three different poised electrodes to changes in the surface redox potentials. Combination of genome-centric stimulus-induced metatranscriptomics and metabolic pathway investigation revealed that nine *Geobacter* / *Pelobacter* microbes performed EET activity differently according to their preferable surface potentials and substrates. While the *Geobacter* / *Pelobacter* microbes coded numerous numbers of multi-heme *c*-type cytochromes and conductive e-pili, wide variations in gene expression were seen in response to altering surrounding substrates and surface potentials, accelerating EET via poised electrode or limiting EET via an open circuit system. These flexible responses suggest that a wide variety of EET-active microbes utilizing diverse EET mechanisms may work together to provide such EET-active communities with an impressive ability to handle major changes in surface potential and carbon source availability.

Conclusively, these results presented here offer a new perspective on the complexity of the EET-active members in the microbial communities that were adapted to the different surface redox conditions, and some initial insights into how they may regulate community function and provide adaptability to the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

different minerals on the earth. Overall, these results have opened a door toward unraveling the diverse microbial life within the various geological settings especially in the mineral-rich subsurface environments.

キーワード：メタトランスクリプトミクス、電気微生物、酸化還元電位
Keywords: Metatranscriptomics, Electromicrobiology, Redox potential

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Interactive discussion with the invited speakers

Interactive discussion with the invited speakers

*高野 淑識[1]
*Yoshinori Takano[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Time for interactive discussion with the invited speakers.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)

我が国の学術水準は、科学の４大フロンティアである宇宙・地底・極域・深海の極限環境から試料を直接採取し、生命の起源や進化を研究することが可能である。また、ヒトゲノムに代表されるハイスループットな遺伝子配列決定法やナノテクノロジーの適用は、地球惑星科学に新たな知見をもたらす可能性を秘める。一方で、人類活動により地球は温暖化し、生態系の変化を介して生元素や微量元素の循環に大きな影響が及ぶことが懸念される。本セッションは「セクションの垣根」を越えて、地球惑星科学の生命圏フロンティアを開拓する研究を幅広く募集する。

[BCG06-P01] **Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere**

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2] (1.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野)

[BCG06-P02] Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立研究開発法人理化学研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

[BCG06-P03] Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[BCG06-P04] **Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom**

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3.信州大学理学部物質循環学コース)

[BCG06-P05] Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.国立研究開発法人理化学研究所)

[BCG06-P06] 微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学、3.高輝度光科学研究センター、4.東北大学)

[BCG06-P07] **Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy**

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2]
*Atsushi Urai[1,2], Yoshinori Takano[2], Naohiko Ohkouchi[2]

1. 信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野
1. Department of Science and Technology, Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University, 2. Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Dissolved organic matter (DOM) is generally derived from multiple sources and affected by complicated transformation and degradation reactions. In a general geochemical description of marine environments, high-molecular-weight DOM (HMW-DOM; >1 kDa) particularly represents a unique organic carbon pool, which is accompanied by considerable difference in the molecular and stable isotopic compositions from other organic components such as particulate organic matter (POM) and low-molecular-weight DOM (LMW-DOM; <1 kDa) (e.g., Benner et al., 1997).

To date, formation of DOM fraction and potential microbial interaction in deep aquifer have been particularly poorly understood on the context of prokaryotic ecology. We investigated the molecular composition of DOM fraction including LMW and HMW by an improved method (Urai et al., 2018). The filtered samples are tentatively defined by conventional size scales; macromolecular scale (100 mm >> 40 mm), POM (40 mm >> 0.6 mm), HMW-DOM(0.6 mm>>1kDa), and total-DOM (<0.6 mm). We also have a validation to distinguish the molecular signature between phototrophic primary producers (i.e., fossil molecules) and presently living benthic prokaryotes (i.e., modern molecules; cf. biological methanogenesis, Kaneko et al., 2014). We report a preliminary result of the feasibility study and discuss a perspective from the view of deep biosphere.

References:

Benner et al. Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration. Marine Chemistry 57, 243-263 (1997).

Kaneko et al. Quantitative analysis of coenzyme F430 in environmental samples: a new diagnostic tool for methanogenesis and anaerobic methane oxidation. Analytical Chemistry 86, 3633-3638 (2014).

Urai et al. Algal-derived 24-ethylcholesta-5, 22-dien-3β-ol (stigmasterol) is frequently found in high-molecular-weight dissolved organic matter (HMW-DOM) during summer in freshwater and brackish lakes. Geochemical Journal 52, e15-e20 (2018).

キーワード：高分子量溶存有機物、ステロール、炭素水素安定同位体比、深部帯水層、メタン生成
Keywords: HMW-DOM, sterol, carbon and hydrogen isotopic compositions, deep aquifer, methanogenesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1]
*Shinsaku Nakano[1], Shingo Kato[2], Mariko Kouduka[1], Toshitsugu Yamazaki[3], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 国立研究開発法人理化学研究所、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. RIKEN, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Biogenic magnetic particles are ubiquitously found in deep-sea sediments and important carriers of rock magnetism for reconstructing the Earth’ s past regarding sediment age and geomagnetic field. However, microorganisms responsible for the formation of magnetic particles are largely unknown in the deep-sea environment, because of the difficulty in sampling, cultivation, and magnetic separation of magnetotactic cells for single-cell genomics. In this study, deep-sea sediments from Japan Sea and a metal sulfide chimney from South Mariana Trough were subjected to magnetic separation and subsequent electron microscopic observations. Although teardrop-shaped magnetite (Fe_3O_4) particles without microbial cells and 16S rRNA gene sequences related to magnetotactic Nitrospirae species were previously obtained from Japan Sea sediments with a redox zonation enriched with dissolved Fe(II) (the iron boundary), no magnetotactic cells were observed after the magnetic separation. From the metal sulfide chimney, magnetotactic cells were observed with teardrop-shaped magnetite particles. Metagenomic analysis of the chimney sample revealed that contig sequences encoding genes involved in the formation of magnetosome, membrane-bound magnetic particles, were mostly affiliated within Nitrospirae based on sequence similarity. Previous studies have reported that magnetosome-related genes are clustered together as the magnetosome island (MAI) in known magnetotactic bacteria. However, those genes were scattered in a near-complete Nitrospirae genome reconstructed from the chimney sample. Although magnetotactic bacteria are generally considered to align magnetic particles into a chain for efficiently moving in a vertical redox zonation by orienting the cell along the geomagnetic filed, Nitrospirae-affiliated genes involved in chain formation were not found in the near-complete Nitrospirae genome from the chimney with a horizontal redox zonation. Comparative analysis of near-complete Nitrospirae genomes available from public databases revealed that the chain-related genes were found in the genomes from terrestrial deep aquifers and deep-sea sediments with a vertical redox zonation. As the Nitrospirae species associated with teardrop magnetite and the iron boundary in Japan Sea was closely related to Nitrospirae species with the chain-related genes, the presence of the chain-related genes appears to be correlated with a vertical redox zonation. In addition, our results suggest that the Nitrospirae species without MAI are responsible for the production of teardrop magnetite in deep-sea environment, and that teardrop magnetite is a paleoredox indicator especially for the iron boundary.

キーワード：磁性細菌、金属硫化物チムニー、マグネトフォッシル、残留磁場
Keywords: magnetotactic bacteria, metal sulfide chimney, magnetofossil, remnant magnetization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1]
*Mariko Kouduka[1], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

Semi-closed ocean basins are very sensitive to climate changes as recorded in frequent formations of sediments with clearly laminated layers, which was caused by the lack of O_2 available to benthic organisms. This is so-called “dead zone formation” and caused by water stagnation after channel closure and/or nutrient inflow through upwelling and channel opening. In contrast to the hydrologic causes, it remains poorly understood about organismal causes such as enhanced primary production and heterotrophic consumption of O_2. We investigated ancient eukaryotic DNA obtained from a thinly laminated layer deposited in the Japan Sea across the most recent global warming event after Younger Dryas (TL-1). Metabarcoding of 18S rRNA gene sequences clarified that across the transition from oxygenated to anoxic bottom water conditions, dominant protist populations shifted through five stages:

Stage1: Under oxygenated bottom conditions, the most dominant taxonomic group was Marine Stramenopiles Group 9 (MAST-9). MAST-9 encompasses diverse uncharacterized planktonic species, 18S rRNA gene sequences of which were detected from both anoxic and oxic water bodies in Pacific and Atlantic Oceans, Mediterranean Sea and South China Sea.

Stage 2: Before the onset of dead zone formation, the sharp decline of MAST-9 was accompanied with the expansion of marine diatom species of the genus Skeletonema, many members of which are known to be a cause of red tide around the world.

Stage 3: The dead zone formation was synchronized with the expansion of marine radiolarians of the order Chaunacanthida, the members of which are encrusted within $SrSO_4$.

Stage 4: Stages 2 was repeated, whereas the expansion of the Chaunacanthida radiolarians was not evident.

Stage 5: The uncharacterized MAST-9 that was dominant before the dead zone formation was gradually recovered towards oxygenated bottom conditions.

From these results, it is suspected that the expansion of Radiolaria species encrusted with $SrSO_4$ triggered dead zone formation by the accelerated downward transport of dead cells and subsequent heterotrophic consumption of O_2. From bioturbated sediment samples from a maximum depth of 31 mbsf with a depositional age of 100 ka, the Chaunacanthida sequences closely related to that from the laminated sediments have been previously detected.It is therefore suggested the record of the Chaunacanthida species can be reconstructed from sediments with great depth and age.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球温暖化、貧酸素化、分子古生態ダイナミクス、生物地球化学的循環
Keywords: global warming paleo-analogue, hypoxemia expansion, molecular paleoecologcail dynamics, biogeochemical cycling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1]
*Makoto Matsushita[1], Yoshinori Takano[1], Hiroyuki Imachi[1], Atsushi Urai[2], Ho-Dong Park[3], Hiroki Iwata[3], Naohiko Ohkouchi[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3. 信州大学理学部物質循環学コース
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Science and Technology, Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University, 3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

Methane (CH_4) is an important greenhouse gas and contributes substantial budget to global warming. Freshwater lakes are identified as one of the main CH_4 sources, as it is estimated that they contribute to 6-16% of natural CH_4 emissions [1]. The main part of CH_4 released from lakes is considered to be produced by methanogenic archaea in anoxic sediments as terminal step in the degradation of organic matter. The microbial CH_4 production in lake sediments has been mainly investigated by microbiological studies using culture-dependent methods and molecular analysis.

Microbial CH_4 production is still regarded by many as a process limited to anoxic environments. Nevertheless, over the past few decades, increasing evidence of CH_4 accumulation in oxygen-saturated lake and marine surface water has emerged [2]. To explain the enigmatic issues, it has been proposed that CH_4 production by methanogenic archaea takes place in anoxic microenvironments such as detritus and animals' gut. Alternatively, recent studies suggest that some bacteria break down methylphosphonate (MPn) or dimethylsulfoniopropionate (DMSP) and release CH_4 as a biogenic byproduct. These novel microbial CH_4 production processes may play a potential contribution to the total atmospheric carbon cycle.

Oxic CH_4 peaks have been found to be closely associated with phytoplankton dynamics across multiple lakes. Grossart *et al.* [3] found potentially methanogenic archaea associated with cyanobacteria such as *Aphanizomenon* and *Microcystis* in oxygenated surface water. Additionally, Berg *et al.* [4] showed that hydrogen produced during nitrogen fixation by cyanobacteria can be consumed by methanogenic archaea. These studies suggest the presence of a CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria in lake surface water. However, it is unclear whether the CH_4 production is taking place in actual environments.

In this study, we investigated microbial CH_4 production in sediments and surface water of Lake Suwa in Nagano Prefecture, Japan, a typical hypertrophic shallow lake, using culture-independent methods. Especially, we focused on cyanobacterial bloom and tried to identify a CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria. 16S rRNA gene analyses revealed the presence of methanogenic archaea closely related to the order *Methanobacteriales*, *Methanomicrobiales*, and *Methanosarcinales* in sediment core samples from 30 cm depth. On the other hand, 16S rRNA genes and *mcrA* genes of methanogenic archaea were not detected in bulk DNA from cyanobacterial bloom sample (mainly *Microcystis*)[5]. In order to estimate the potential for methanogenic archaea, we extracted Coenzyme F430, a biomarker for methanogenic archaea, from sediment and bloom samples and determined by using HPLC [6]. F430 was detected from sediment samples, but that from bloom sample

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

was currently below detection limit (<1 pmol).

These results suggest that methanogenic archaea actively produce CH_4 in the sediments of Lake Suwa, however, its contribution in oxygenated surface water seems to be small. We are currently conducting a more sensitive analysis of F430 using LC-MS/MS [6] with the pre-treatment procedure [7]. The analysis may identify the CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria in the surface water. Although this study did not cover other CH_4 production processes such as MPn and DMSP decomposition, our results may also be applicable to estimate the *in situ* contribution of these novel CH_4 source.

Refs.
[1] Bastviken *et al.*, *Global Biogeochem. Cycles*, 18, GB4009 (2004). [2] Tang *et al.*, *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 3, 227-233 (2016). [3] Grossart *et al. PNAS*, 108, 19657-19661 (2011). [4] Berg *et al. World J. Microbiol. Biotechnol.*, 30, 539-545 (2014). [5] Park *et al., Environ. Toxicol. Water Qual.*, 13, 61-72 (1998). [6] Kaneko *et al.*, *Anal. Chem.*, 86, 3633-3638 (2014). [7] Kaneko *et al., Geochem. J.,* 50, 453-460 (2016).

キーワード：微生物メタン生成、メタンパラドックス、淡水湖、メタン生成アーキア、シアノバクテリア
Keywords: Microbial methane production, Methane paradox, Freshwater lake, Methanogenic archaea, Cyanobacterial bloom

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1]
*Hinako Takamiya[1], Hiroki Mukai[2], Mariko Kouduka[1], Shingo Kato[4], Motoo Ito[3], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、4. 国立研究開発法人理化学研究所
1. Earth and Planetary Science Graduate School of Science, The University of Tokyo , 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 4. RIKEN

Deep-sea hydrothermal activities have continued for 3.8 billion years on Earth. After the formation of metal sulfide chimneys from high-temperature fluid, their low-temperature interactions with ambient seawater potentially provide the cold, stable habitat for microbial life. In such a challenging habitat with metal toxicity, 16S rRNA gene sequences formerly affiliated within Deep-Sea Hydrothermal Vent Euryarchaeota Subtype 6 (DHVE6) and recently reclassified as Pacearchaeota are dominantly detected by 16S rRNA gene sequence analysis. However, the distribution and metabolic activities of Pacearchaeota in metal sulfide chimneys are largely unknown. In this study, a metal sulfide chimney collected from a deep-sea hydrothermal field in South Mariana Trough was subjected to genome-resolved metagenomics analysis. It was revealed that a near-complete Pacearchaeota genome has carbon metabolism genes involved in glycolysis and pentose phosphate pathway linked to nucleotide salvage pathway with light-independent CO_2incorporating ribulose bisphosphate carboxylase/oxygenase (RubisCO). By comparative analysis of Pacearchaeota genomes from deep-sea metal sulfide deposits and terrestrial subsurface aquifers, the carbon metabolism was commonly found with genes annotated for Cu detoxification. Based on the NanoSIMS ion imaging analysis, we found an evidence of a dense microbial colonization inside the chimney where the surface of chalcopyrite ($CuFeS_2$) was overlayered with a silica-bearing material enriched in CN, S and P. Our results explain the geographically and physicochemically diverse distributions of Pacearchaeota indicated by 16S rRNA gene sequence analysis as well as the predominance of Pacearchaeota in the metal sulfide chimney where energy sources from photosynthesis and hydrothermal fluid are limited. The carbon metabolism operated by Pacearchaeota in one of candidate environments for the origin of life could be relevant to that operated by primitive life on early Earth.

キーワード：熱水噴出孔、メタゲノム解析、極限環境生物の生態系、生命の起源、微生物の炭素代謝、岩石生命検出
Keywords: hydrothermal vent, metagenomic analysis, extremophile ecology, origin of life, microbial carbon metabolism, Rock life detection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

X-ray computed nano-tomography for visualizing microbial cells and their surrounding environments

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1]
*Yuki Morono[1], Go-Ichiro Uramoto[2,1], Kentaro Uesugi[3], Nobuhisa Takeuchi[3], Masayuki Uesugi[3], Kengo Kubota[4], Tatsuhiko Hoshino[1], Fumio Inagaki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学、3. 高輝度光科学研究センター、4. 東北大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 4. Tohoku University

環境中に存在する微生物とその生息環境を精細かつ立体的に可視化することが出来れば、自然界で起こる様々な微生物反応の「場」の観察が可能となり、微生物細胞の局在とミクロ、マクロ生育環境との関わり、微小な生命現象の本質的理解へとつながることが期待される。近年、X線を利用したCT（Computed Tomography：コンピュータ断層撮影）技術の進歩により、その空間分解能はサブマイクロメートル領域に到達し、微生物レベルの極小物質の分布を可視化することも可能になってきている。しかし、主に軽元素で構成される微生物細胞は、X線を容易に透過するために種々の元素が存在する環境試料中で明確なコントラストをもって可視化をすることは出来なかった。本研究では、重元素を用いた種々の染色を施し、環境試料中に存在する微生物細胞を超高空間分解能X線μCTで可視化することを試みた。

可視化対象の試料としては、海底下堆積物試料、及び嫌気性グラニュール汚泥を用い、X線μCT解析は大型放射光施設（SPring-8）のBL20XUおよびBL47XUにおいて実施した。実際に微生物を含む海底下堆積物試料について計測を行ったところ、高い空間分解能で測定を実施した場合では測定中の試料変形などによりイメージの取得が困難な場合があったものの、電子顕微鏡観察用の樹脂に包埋する（例えばUramoto *et al.*）などの処理を施した試料を用いて測定を行い、かつオスミウムなどによる染色により微生物細胞に重元素を付加することによって個々の細胞を立体的に可視化することが可能となった。また、さらに、X線吸収係数が急激に変化する吸収端前後のエネルギーで測定したCT画像の演算処理を行うことで、特定元素によって染色された微生物細胞を可視化することが可能であることも示唆された。

微生物が生育する環境では微生物自身が行う代謝反応により様々な化学グラジエントが形成され、環境に応じた微生物群の住み分けが起こっている。この技術をさらに発展させることにより、これまでは二次元的な観察が行われてきた環境微生物分布の解析を立体化し、様々な環境における「微生物目線での理解」を促進することが期待される。

キーワード：X線CT、海底下生命圏
Keywords: X-ray Computed Tomography, Subseafloor biosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy

Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy

*高野 淑識[1]
*Yoshinori Takano[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Microorganisms play a central role in both methane production and consumption in the global carbon cycle. Oceanic methane from global deep-sea sediment is largely consumed through microbially mediated sulfate-coupled oxidation, resulting in 13C-depleted cell biomass of anaerobic methanotrophic archaea (ANME). The general ecological importance of subseafloor ANME has been well recognized in the last two decades. However, the crucial biochemical pathways for the overall anaerobic oxidation of methane (AOM) still remain enigmatic. In the present study, methanotrophic pathways were analyzed to trace 13C-depleted amino acid biosynthesis in two clades of ANME (ANME-1 and ANME-2) from the Black Sea. Compound-specific analysis of ANME-dominated microbial mats showed a significant 13C-depletion trend in association with increasing carbon numbers in protein-derived amino acid families within the pyruvate family in the order of alanine, valine, isoleucine and leucine down to -114‰. This result indicates a stepwise elongation of 13C-depleted carbon during amino acid biosynthesis. The overall results suggest that intracellular protein amino acids and the most 13C-depleted signature of leucine, which has a specific branched-chain structure, are potentially propagated as isoprenoid precursor molecules into archaeal biosynthesis, resulting in the extremely 13C- and 14C-depleted nature of ANME cells in the deep microbial oasis.

References:
Takano, Y., Chikaraishi, Y., Imachi, H., Miyairi, Y., Ogawa, N.O., Kaneko, M., Yokoyama, Y., Kruger, M. and Ohkouchi, N. (2018) Insight into anaerobic methanotrophy from 13C/12C- amino acids and 14C/12C-ANME cells in seafloor microbial ecology. Scientific Reports, 8:14070, doi: 10.1038/s41598-018-31004-5.

Supplementary Information:
https://www.nature.com/articles/s41598-018-31004-5#article-info

Acknowledgments:
We thank Dr. R. Seifert and Prof. Dr. W. Michaelis (Univ. Hamburg) and the shipboard party of the R/V Meteor cruise (M72/1: Geochemical cycling and microbial life at active gas seeps). We also thank Y. Saito, Y. Sasaki (JAMSTEC) for technical support and Dr. Y. Takaki (JAMSTEC) for the discussion of genomic sequence. The study was supported in part by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and the Submarine Resources Research Project in JAMSTEC.

キーワード：Carbon signatures in ANMEs、Organic molecules、Anoxic methanotrophy
Keywords: Carbon signatures in ANMEs, Organic molecules, Anoxic methanotrophy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_40

[B-CG06] 地球惑星科学　生命圏フロンティアセッション

コンビーナ:高野 淑識(海洋研究開発機構)、鈴木 庸平(東京大学大学院理学系研究科)、加藤 真悟(国立研究開発法人理化学研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)

我が国の学術水準は、科学の４大フロンティアである宇宙・地底・極域・深海の極限環境から試料を直接採取し、生命の起源や進化を研究することが可能である。また、ヒトゲノムに代表されるハイスループットな遺伝子配列決定法やナノテクノロジーの適用は、地球惑星科学に新たな知見をもたらす可能性を秘める。一方で、人類活動により地球は温暖化し、生態系の変化を介して生元素や微量元素の循環に大きな影響が及ぶことが懸念される。本セッションは「セクションの垣根」を越えて、地球惑星科学の生命圏フロンティアを開拓する研究を幅広く募集する。

[BCG06-P01] **Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere**

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2] (1.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野)

[BCG06-P02] Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.国立研究開発法人理化学研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

[BCG06-P03] Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻)

[BCG06-P04] **Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom**

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3.信州大学理学部物質循環学コース)

[BCG06-P05] Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.産業技術総合研究所、3.海洋研究開発機構　高知コア研究所、4.国立研究開発法人理化学研究所)

[BCG06-P06] 微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学、3.高輝度光科学研究センター、4.東北大学)

[BCG06-P07] **Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy**

*高野 淑識[1] (1.海洋研究開発機構)

Dynamisms and characteristics of dissolved organic matter (DOM) in deep aquifer: A scope for deep biosphere

*浦井 暖史[1,2]、高野 淑識[2]、大河内 直彦[2]
*Atsushi Urai[1,2], Yoshinori Takano[2], Naohiko Ohkouchi[2]

1. 信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構生物地球化学研究分野
1. Department of Science and Technology, Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University, 2. Department of Biogeochemistry, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Dissolved organic matter (DOM) is generally derived from multiple sources and affected by complicated transformation and degradation reactions. In a general geochemical description of marine environments, high-molecular-weight DOM (HMW-DOM; >1 kDa) particularly represents a unique organic carbon pool, which is accompanied by considerable difference in the molecular and stable isotopic compositions from other organic components such as particulate organic matter (POM) and low-molecular-weight DOM (LMW-DOM; <1 kDa) (e.g., Benner et al., 1997).

To date, formation of DOM fraction and potential microbial interaction in deep aquifer have been particularly poorly understood on the context of prokaryotic ecology. We investigated the molecular composition of DOM fraction including LMW and HMW by an improved method (Urai et al., 2018). The filtered samples are tentatively defined by conventional size scales; macromolecular scale (100 mm >> 40 mm), POM (40 mm >> 0.6 mm), HMW-DOM(0.6 mm>>1kDa), and total-DOM (<0.6 mm). We also have a validation to distinguish the molecular signature between phototrophic primary producers (i.e., fossil molecules) and presently living benthic prokaryotes (i.e., modern molecules; cf. biological methanogenesis, Kaneko et al., 2014). We report a preliminary result of the feasibility study and discuss a perspective from the view of deep biosphere.

References:

Benner et al. Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration. Marine Chemistry 57, 243-263 (1997).

Kaneko et al. Quantitative analysis of coenzyme F430 in environmental samples: a new diagnostic tool for methanogenesis and anaerobic methane oxidation. Analytical Chemistry 86, 3633-3638 (2014).

Urai et al. Algal-derived 24-ethylcholesta-5, 22-dien-3β-ol (stigmasterol) is frequently found in high-molecular-weight dissolved organic matter (HMW-DOM) during summer in freshwater and brackish lakes. Geochemical Journal 52, e15-e20 (2018).

キーワード：高分子量溶存有機物、ステロール、炭素水素安定同位体比、深部帯水層、メタン生成
Keywords: HMW-DOM, sterol, carbon and hydrogen isotopic compositions, deep aquifer, methanogenesis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Correlations of magnetosome-related genes in Nitrospirae genomes to magnetosome geometry and redox stratification in deep-sea environments

*中野 晋作[1]、加藤 真悟[2]、幸塚 麻里子[1]、山崎 俊嗣[3]、鈴木 庸平[1]
*Shinsaku Nakano[1], Shingo Kato[2], Mariko Kouduka[1], Toshitsugu Yamazaki[3], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 国立研究開発法人理化学研究所、3. 東京大学大気海洋研究所
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. RIKEN, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Biogenic magnetic particles are ubiquitously found in deep-sea sediments and important carriers of rock magnetism for reconstructing the Earth’ s past regarding sediment age and geomagnetic field. However, microorganisms responsible for the formation of magnetic particles are largely unknown in the deep-sea environment, because of the difficulty in sampling, cultivation, and magnetic separation of magnetotactic cells for single-cell genomics. In this study, deep-sea sediments from Japan Sea and a metal sulfide chimney from South Mariana Trough were subjected to magnetic separation and subsequent electron microscopic observations. Although teardrop-shaped magnetite (Fe_3O_4) particles without microbial cells and 16S rRNA gene sequences related to magnetotactic Nitrospirae species were previously obtained from Japan Sea sediments with a redox zonation enriched with dissolved Fe(II) (the iron boundary), no magnetotactic cells were observed after the magnetic separation. From the metal sulfide chimney, magnetotactic cells were observed with teardrop-shaped magnetite particles. Metagenomic analysis of the chimney sample revealed that contig sequences encoding genes involved in the formation of magnetosome, membrane-bound magnetic particles, were mostly affiliated within Nitrospirae based on sequence similarity. Previous studies have reported that magnetosome-related genes are clustered together as the magnetosome island (MAI) in known magnetotactic bacteria. However, those genes were scattered in a near-complete Nitrospirae genome reconstructed from the chimney sample. Although magnetotactic bacteria are generally considered to align magnetic particles into a chain for efficiently moving in a vertical redox zonation by orienting the cell along the geomagnetic filed, Nitrospirae-affiliated genes involved in chain formation were not found in the near-complete Nitrospirae genome from the chimney with a horizontal redox zonation. Comparative analysis of near-complete Nitrospirae genomes available from public databases revealed that the chain-related genes were found in the genomes from terrestrial deep aquifers and deep-sea sediments with a vertical redox zonation. As the Nitrospirae species associated with teardrop magnetite and the iron boundary in Japan Sea was closely related to Nitrospirae species with the chain-related genes, the presence of the chain-related genes appears to be correlated with a vertical redox zonation. In addition, our results suggest that the Nitrospirae species without MAI are responsible for the production of teardrop magnetite in deep-sea environment, and that teardrop magnetite is a paleoredox indicator especially for the iron boundary.

キーワード：磁性細菌、金属硫化物チムニー、マグネトフォッシル、残留磁場
Keywords: magnetotactic bacteria, metal sulfide chimney, magnetofossil, remnant magnetization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Reconstruction of key ecological responses leading to the most recent dead zone formations in Japan Sea through ancient DNA metabarcodring

*幸塚 麻里子[1]、鈴木 庸平[1]
*Mariko Kouduka[1], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

Semi-closed ocean basins are very sensitive to climate changes as recorded in frequent formations of sediments with clearly laminated layers, which was caused by the lack of O_2 available to benthic organisms. This is so-called “dead zone formation” and caused by water stagnation after channel closure and/or nutrient inflow through upwelling and channel opening. In contrast to the hydrologic causes, it remains poorly understood about organismal causes such as enhanced primary production and heterotrophic consumption of O_2. We investigated ancient eukaryotic DNA obtained from a thinly laminated layer deposited in the Japan Sea across the most recent global warming event after Younger Dryas (TL-1). Metabarcoding of 18S rRNA gene sequences clarified that across the transition from oxygenated to anoxic bottom water conditions, dominant protist populations shifted through five stages:

Stage1: Under oxygenated bottom conditions, the most dominant taxonomic group was Marine Stramenopiles Group 9 (MAST-9). MAST-9 encompasses diverse uncharacterized planktonic species, 18S rRNA gene sequences of which were detected from both anoxic and oxic water bodies in Pacific and Atlantic Oceans, Mediterranean Sea and South China Sea.

Stage 2: Before the onset of dead zone formation, the sharp decline of MAST-9 was accompanied with the expansion of marine diatom species of the genus Skeletonema, many members of which are known to be a cause of red tide around the world.

Stage 3: The dead zone formation was synchronized with the expansion of marine radiolarians of the order Chaunacanthida, the members of which are encrusted within $SrSO_4$.

Stage 4: Stages 2 was repeated, whereas the expansion of the Chaunacanthida radiolarians was not evident.

Stage 5: The uncharacterized MAST-9 that was dominant before the dead zone formation was gradually recovered towards oxygenated bottom conditions.

From these results, it is suspected that the expansion of Radiolaria species encrusted with $SrSO_4$ triggered dead zone formation by the accelerated downward transport of dead cells and subsequent heterotrophic consumption of O_2. From bioturbated sediment samples from a maximum depth of 31 mbsf with a depositional age of 100 ka, the Chaunacanthida sequences closely related to that from the laminated sediments have been previously detected.It is therefore suggested the record of the Chaunacanthida species can be reconstructed from sediments with great depth and age.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球温暖化、貧酸素化、分子古生態ダイナミクス、生物地球化学的循環
Keywords: global warming paleo-analogue, hypoxemia expansion, molecular paleoecologcail dynamics, biogeochemical cycling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Search for microbial CH_4 production processes in lake sediments and surface water associated with cyanobacterial bloom

*松下 慎[1]、高野 淑識[1]、井町 寛之[1]、浦井 暖史[2]、Ho-Dong Park[3]、岩田 拓記[3]、大河内 直彦[1]
*Makoto Matsushita[1], Yoshinori Takano[1], Hiroyuki Imachi[1], Atsushi Urai[2], Ho-Dong Park[3], Hiroki Iwata[3], Naohiko Ohkouchi[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 信州大学大学院総合医理工学研究科総合理工学専攻、3. 信州大学理学部物質循環学コース
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Department of Science and Technology, Graduate School of Medicine, Science and Technology, Shinshu University, 3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Shinshu University

Methane (CH_4) is an important greenhouse gas and contributes substantial budget to global warming. Freshwater lakes are identified as one of the main CH_4 sources, as it is estimated that they contribute to 6-16% of natural CH_4 emissions [1]. The main part of CH_4 released from lakes is considered to be produced by methanogenic archaea in anoxic sediments as terminal step in the degradation of organic matter. The microbial CH_4 production in lake sediments has been mainly investigated by microbiological studies using culture-dependent methods and molecular analysis.

Microbial CH_4 production is still regarded by many as a process limited to anoxic environments. Nevertheless, over the past few decades, increasing evidence of CH_4 accumulation in oxygen-saturated lake and marine surface water has emerged [2]. To explain the enigmatic issues, it has been proposed that CH_4 production by methanogenic archaea takes place in anoxic microenvironments such as detritus and animals' gut. Alternatively, recent studies suggest that some bacteria break down methylphosphonate (MPn) or dimethylsulfoniopropionate (DMSP) and release CH_4 as a biogenic byproduct. These novel microbial CH_4 production processes may play a potential contribution to the total atmospheric carbon cycle.

Oxic CH_4 peaks have been found to be closely associated with phytoplankton dynamics across multiple lakes. Grossart *et al.* [3] found potentially methanogenic archaea associated with cyanobacteria such as *Aphanizomenon* and *Microcystis* in oxygenated surface water. Additionally, Berg *et al.* [4] showed that hydrogen produced during nitrogen fixation by cyanobacteria can be consumed by methanogenic archaea. These studies suggest the presence of a CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria in lake surface water. However, it is unclear whether the CH_4 production is taking place in actual environments.

In this study, we investigated microbial CH_4 production in sediments and surface water of Lake Suwa in Nagano Prefecture, Japan, a typical hypertrophic shallow lake, using culture-independent methods. Especially, we focused on cyanobacterial bloom and tried to identify a CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria. 16S rRNA gene analyses revealed the presence of methanogenic archaea closely related to the order *Methanobacteriales*, *Methanomicrobiales*, and *Methanosarcinales* in sediment core samples from 30 cm depth. On the other hand, 16S rRNA genes and *mcrA* genes of methanogenic archaea were not detected in bulk DNA from cyanobacterial bloom sample (mainly *Microcystis*)[5]. In order to estimate the potential for methanogenic archaea, we extracted Coenzyme F430, a biomarker for methanogenic archaea, from sediment and bloom samples and determined by using HPLC [6]. F430 was detected from sediment samples, but that from bloom sample

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

was currently below detection limit (<1 pmol).

These results suggest that methanogenic archaea actively produce CH_4 in the sediments of Lake Suwa, however, its contribution in oxygenated surface water seems to be small. We are currently conducting a more sensitive analysis of F430 using LC-MS/MS [6] with the pre-treatment procedure [7]. The analysis may identify the CH_4 production process by methanogenic archaea associated with cyanobacteria in the surface water. Although this study did not cover other CH_4 production processes such as MPn and DMSP decomposition, our results may also be applicable to estimate the *in situ* contribution of these novel CH_4 source.

Refs.
[1] Bastviken *et al.*, *Global Biogeochem. Cycles*, 18, GB4009 (2004). [2] Tang *et al.*, *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 3, 227-233 (2016). [3] Grossart *et al. PNAS*, 108, 19657-19661 (2011). [4] Berg *et al. World J. Microbiol. Biotechnol.*, 30, 539-545 (2014). [5] Park *et al., Environ. Toxicol. Water Qual.*, 13, 61-72 (1998). [6] Kaneko *et al.*, *Anal. Chem.*, 86, 3633-3638 (2014). [7] Kaneko *et al., Geochem. J.,* 50, 453-460 (2016).

キーワード：微生物メタン生成、メタンパラドックス、淡水湖、メタン生成アーキア、シアノバクテリア
Keywords: Microbial methane production, Methane paradox, Freshwater lake, Methanogenic archaea, Cyanobacterial bloom

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Did life emerge in a deep-sea metal sulfide chimney? New insights from an archaeal genome and a nanoscale microbe-silicate assemblage

*高宮 日南子[1]、向井 広樹[2]、幸塚 麻里子[1]、加藤 真悟[4]、伊藤 元雄[3]、鈴木 庸平[1]
*Hinako Takamiya[1], Hiroki Mukai[2], Mariko Kouduka[1], Shingo Kato[4], Motoo Ito[3], Yohey Suzuki[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 産業技術総合研究所、3. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、4. 国立研究開発法人理化学研究所
1. Earth and Planetary Science Graduate School of Science, The University of Tokyo , 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 4. RIKEN

Deep-sea hydrothermal activities have continued for 3.8 billion years on Earth. After the formation of metal sulfide chimneys from high-temperature fluid, their low-temperature interactions with ambient seawater potentially provide the cold, stable habitat for microbial life. In such a challenging habitat with metal toxicity, 16S rRNA gene sequences formerly affiliated within Deep-Sea Hydrothermal Vent Euryarchaeota Subtype 6 (DHVE6) and recently reclassified as Pacearchaeota are dominantly detected by 16S rRNA gene sequence analysis. However, the distribution and metabolic activities of Pacearchaeota in metal sulfide chimneys are largely unknown. In this study, a metal sulfide chimney collected from a deep-sea hydrothermal field in South Mariana Trough was subjected to genome-resolved metagenomics analysis. It was revealed that a near-complete Pacearchaeota genome has carbon metabolism genes involved in glycolysis and pentose phosphate pathway linked to nucleotide salvage pathway with light-independent CO_2incorporating ribulose bisphosphate carboxylase/oxygenase (RubisCO). By comparative analysis of Pacearchaeota genomes from deep-sea metal sulfide deposits and terrestrial subsurface aquifers, the carbon metabolism was commonly found with genes annotated for Cu detoxification. Based on the NanoSIMS ion imaging analysis, we found an evidence of a dense microbial colonization inside the chimney where the surface of chalcopyrite ($CuFeS_2$) was overlayered with a silica-bearing material enriched in CN, S and P. Our results explain the geographically and physicochemically diverse distributions of Pacearchaeota indicated by 16S rRNA gene sequence analysis as well as the predominance of Pacearchaeota in the metal sulfide chimney where energy sources from photosynthesis and hydrothermal fluid are limited. The carbon metabolism operated by Pacearchaeota in one of candidate environments for the origin of life could be relevant to that operated by primitive life on early Earth.

キーワード：熱水噴出孔、メタゲノム解析、極限環境生物の生態系、生命の起源、微生物の炭素代謝、岩石生命検出
Keywords: hydrothermal vent, metagenomic analysis, extremophile ecology, origin of life, microbial carbon metabolism, Rock life detection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小生命活動の現場を視るーX線マイクロ/ナノCTによる微生物細胞可視化の試み

X-ray computed nano-tomography for visualizing microbial cells and their surrounding environments

*諸野 祐樹[1]、浦本 豪一郎[2,1]、上杉 健太朗[3]、竹内 晃久[3]、上椙 真之[3]、久保田 健吾[4]、星野 辰彦[1]、稲垣 史生[1]
*Yuki Morono[1], Go-Ichiro Uramoto[2,1], Kentaro Uesugi[3], Nobuhisa Takeuchi[3], Masayuki Uesugi[3], Kengo Kubota[4], Tatsuhiko Hoshino[1], Fumio Inagaki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学、3. 高輝度光科学研究センター、4. 東北大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University, 3. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 4. Tohoku University

環境中に存在する微生物とその生息環境を精細かつ立体的に可視化することが出来れば、自然界で起こる様々な微生物反応の「場」の観察が可能となり、微生物細胞の局在とミクロ、マクロ生育環境との関わり、微小な生命現象の本質的理解へとつながることが期待される。近年、X線を利用したCT（Computed Tomography：コンピュータ断層撮影）技術の進歩により、その空間分解能はサブマイクロメートル領域に到達し、微生物レベルの極小物質の分布を可視化することも可能になってきている。しかし、主に軽元素で構成される微生物細胞は、X線を容易に透過するために種々の元素が存在する環境試料中で明確なコントラストをもって可視化をすることは出来なかった。本研究では、重元素を用いた種々の染色を施し、環境試料中に存在する微生物細胞を超高空間分解能X線μCTで可視化することを試みた。

可視化対象の試料としては、海底下堆積物試料、及び嫌気性グラニュール汚泥を用い、X線μCT解析は大型放射光施設（SPring-8）のBL20XUおよびBL47XUにおいて実施した。実際に微生物を含む海底下堆積物試料について計測を行ったところ、高い空間分解能で測定を実施した場合では測定中の試料変形などによりイメージの取得が困難な場合があったものの、電子顕微鏡観察用の樹脂に包埋する（例えばUramoto *et al.*）などの処理を施した試料を用いて測定を行い、かつオスミウムなどによる染色により微生物細胞に重元素を付加することによって個々の細胞を立体的に可視化することが可能となった。また、さらに、X線吸収係数が急激に変化する吸収端前後のエネルギーで測定したCT画像の演算処理を行うことで、特定元素によって染色された微生物細胞を可視化することが可能であることも示唆された。

微生物が生育する環境では微生物自身が行う代謝反応により様々な化学グラジエントが形成され、環境に応じた微生物群の住み分けが起こっている。この技術をさらに発展させることにより、これまでは二次元的な観察が行われてきた環境微生物分布の解析を立体化し、様々な環境における「微生物目線での理解」を促進することが期待される。

キーワード：X線CT、海底下生命圏
Keywords: X-ray Computed Tomography, Subseafloor biosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy

Carbon signatures in amino acids during deep-sea anoxic methanotrophy

*高野 淑識[1]
*Yoshinori Takano[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

Microorganisms play a central role in both methane production and consumption in the global carbon cycle. Oceanic methane from global deep-sea sediment is largely consumed through microbially mediated sulfate-coupled oxidation, resulting in 13C-depleted cell biomass of anaerobic methanotrophic archaea (ANME). The general ecological importance of subseafloor ANME has been well recognized in the last two decades. However, the crucial biochemical pathways for the overall anaerobic oxidation of methane (AOM) still remain enigmatic. In the present study, methanotrophic pathways were analyzed to trace 13C-depleted amino acid biosynthesis in two clades of ANME (ANME-1 and ANME-2) from the Black Sea. Compound-specific analysis of ANME-dominated microbial mats showed a significant 13C-depletion trend in association with increasing carbon numbers in protein-derived amino acid families within the pyruvate family in the order of alanine, valine, isoleucine and leucine down to -114‰. This result indicates a stepwise elongation of 13C-depleted carbon during amino acid biosynthesis. The overall results suggest that intracellular protein amino acids and the most 13C-depleted signature of leucine, which has a specific branched-chain structure, are potentially propagated as isoprenoid precursor molecules into archaeal biosynthesis, resulting in the extremely 13C- and 14C-depleted nature of ANME cells in the deep microbial oasis.

References:
Takano, Y., Chikaraishi, Y., Imachi, H., Miyairi, Y., Ogawa, N.O., Kaneko, M., Yokoyama, Y., Kruger, M. and Ohkouchi, N. (2018) Insight into anaerobic methanotrophy from 13C/12C- amino acids and 14C/12C-ANME cells in seafloor microbial ecology. Scientific Reports, 8:14070, doi: 10.1038/s41598-018-31004-5.

Supplementary Information:
https://www.nature.com/articles/s41598-018-31004-5#article-info

Acknowledgments:
We thank Dr. R. Seifert and Prof. Dr. W. Michaelis (Univ. Hamburg) and the shipboard party of the R/V Meteor cruise (M72/1: Geochemical cycling and microbial life at active gas seeps). We also thank Y. Saito, Y. Sasaki (JAMSTEC) for technical support and Dr. Y. Takaki (JAMSTEC) for the discussion of genomic sequence. The study was supported in part by the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and the Submarine Resources Research Project in JAMSTEC.

キーワード：Carbon signatures in ANMEs、Organic molecules、Anoxic methanotrophy
Keywords: Carbon signatures in ANMEs, Organic molecules, Anoxic methanotrophy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科)、澤木 佑介(東京大学)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

10:45 ~ 10:50

Introduction

10:50 ~ 11:10

[BCG08-01] **The Ediacaran-Cambrian transition of North China**

★Invited Papers

*Xingliang Zhang[1] (1.State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University)

11:10 ~ 11:30

[BCG08-02] The Qingjiang biota – An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

★Invited Papers

*Dongjing Fu[1]、Xingliang Zhang[1]、Robert R. Gains[2] (1.State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, PR China、2.Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA)

11:30 ~ 11:50

[BCG08-03] ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント

★招待講演

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2] (1.熊本大学、2.東京大学、3.東京工業大学、4.千葉工業大学)

11:50 ~ 12:10

[BCG08-04] **End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences**

★Invited Papers

*藤崎 渉[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

12:10 ~ 12:15

Discussion

The Ediacaran-Cambrian transition of North China

*Xingliang Zhang[1]

1. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environments, and Department of Geology, Northwest University

The central mountain range, known as the backbone of China, separates the country into North China and South China, which are different from each other in geology, geography, climate, and culture. The Precambrian-Cambrian transition of South China has received much attention of world scientists for beautiful sections and numerous fantastic fossil-Lagerstätten. However, the Ediacaran-Cambrian sequences of North China have some attractive points as well. The lowermost Cambrian of North China, the Xinji Formation, unconformably overlies Precambrian rocks of various ages, from Archean to late Ediacaran. The Xinji Formation is rich in SSFs of Cambrian Epoch 2 aspects and thus the Terreneuvian is absent throughout North China. The Xinji SSF assemblage is taxonomically dominated by molluscs and hyoliths, which are represented by 26 and 12 species, respectively. A number of molluscan taxa are conspecific with Australia, Antarctic and Laurentia, and thus have biostratigraphical and paleobiogeographical values. Remarkably, shell microstructures are well preserved in molluscs and hyoliths, which demonstrate how these Cambrian animals use minute mineral crystals to build their shells. Additionally, shell microstructures shed new light on the phylogenic links between the groups. Ediacaran rocks developed in marginal regions and cratonic basins. Along the south and west margins of North China, the Dongpo/Tuerkeng Shale/Slate immediately underlies the unconformity and overlies the Luoquan/Zhengmuguan Diamictite which is poorly constrained in age. The shale/slate unit above the diamictite yields a diverse form of macroscopic, soft-bodied fossils, e.g. the annulated tubular form *Shaanxilithes*, the form of a string of beads *Horodyskia*, the WiFi symbol-like form *Palaeopascichnus*, an unnamed form resembling a string of rings (which might be a segmented organism composed of many repetitive units), and small clew-like fossils of unknown affinities. Algal fossils are abundant but simple in complexity and poor in diversity. The presence of *Shaanxilithes* and *Palaeopascichnus* suggests an age of late Ediacaran. New specimens demonstrate that *Shaanxilithes* is composed of a cone-in-cone internal tube encased in a flexible external tube with irregular cross annulations. Such a morphological reconstruction is analogous to the contemporary *Cloudina* and other tubular organisms. New findings in North China would provide new insights into the biotic evolution of the Ediacaran-Cambrian transition.

Keywords: Ediacaran, Cambrian, Biodiversity, North China

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Qingjiang biota –An extraordinary new Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China

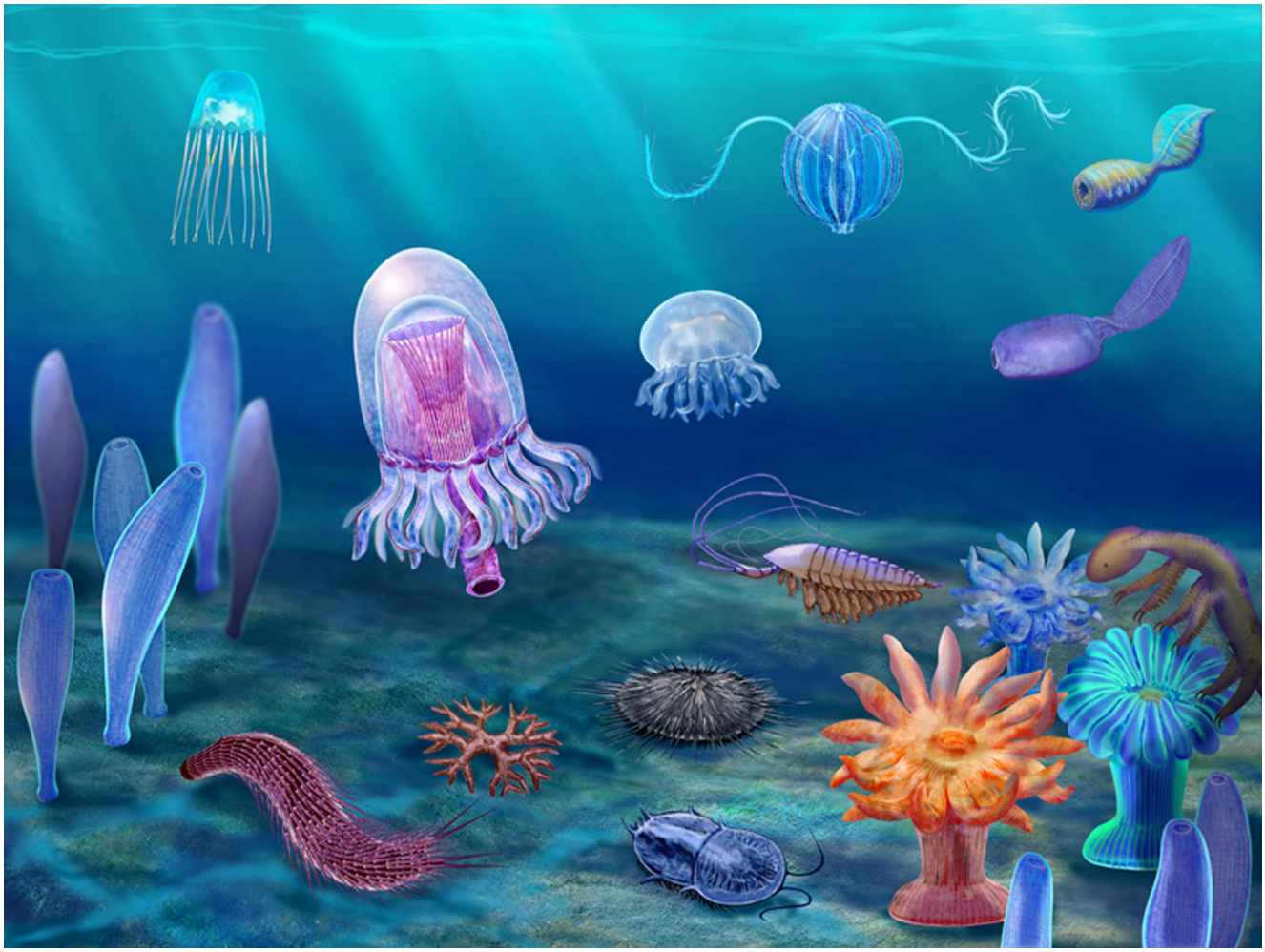
*Dongjing Fu[1], Xingliang Zhang[1], Robert R. Gains[2]

1. State Key Laboratory of the Continental Dynamics, Shaanxi Key Laboratory of Early Life and Environment, Department of Geology, Northwest University, Xi' an 710069, PR China, 2. Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA

Our understanding of the Cambrian explosion and of the fundamental structure of the tree of animal life rests in large part on evidence from a dramatically enhanced fossil record, characterized by the preservation of entire assemblages of soft-bodied fossils. In the one hundred years since Walcott' s original discovery of the Burgess Shale, exceptionally preserved fossil assemblages have been reported from Cambrian strata of almost every paleocontinent. Nevertheless, only the early Cambrian Chengjiang biota of Yunnan Province has matched the Burgess Shale in total diversity of soft-bodied taxa and fidelity of exceptional preservation. Here, we report the discovery of an extraordinary new early Cambrian Burgess Shale-type (BST) fossil Lagerstätte from the Changyang area of South China, which is characterized by high taxonomic diversity (101 metazoan taxa plus 8 algal forms), an unexpectedly large proportion of new taxa (53.2%), and exquisite preservation of fine aspects of labile tissue anatomy. The taxonomic richness of soft-bodied taxa (85%) approaches the top tier of BST deposits, presently occupied only by the Burgess Shale and Chengjiang biotas. Rarefaction analyses suggest that diversity may surpass all other BST biotas. Novel aspects include high abundance of cnidarians, including both medusoid and polypoid forms, new taxa resembling extant kinorhynchs, and abundant larval or juvenile forms. While approximately coeval to the Chengjiang biota, the Qingjiang biota (518 Ma) appears to have occupied a more distal environmental setting, in which a different early Cambrian ecosystem flourished. The uniqueness of the Qingjiang biota in the taxon composition and preservation quality holds special potential to provide new insights into the evolution of early metazoans and the structuring of Cambrian ecosystems across environmental gradients.

Keywords: Qingjiang Biota, Cambrian Explosion, Exceptional Preservation, South China, Burgess Shale Type

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ペルム紀／三畳紀境界における地球外^{3}Heフラックスの増加イベント
Enhanced flux of extraterrestrial ^{3}He across the Permian–Triassic boundary

*尾上 哲治[1]、高畑 直人[2]、佐藤 峰南[4]、石川 晃[3]、曽田 勝仁[1]、佐野 有司[2]、磯崎 行雄[2]
*Tetsuji Onoue[1], Naoto Takahata[2], Honami Sato[4], Akira Ishikawa[3], Katsuhito Soda[1], Yuji Sano[2], Yukio Isozaki[2]

1. 熊本大学、2. 東京大学、3. 東京工業大学、4. 千葉工業大学
1. Kumamoto Univ., 2. Univ. Tokyo, 3. Tokyo Inst. Tech., 4. Chiba Inst. Tech.

The Solar System contains abundant submillimetre interplanetary dust particles (IDPs) that are enriched in ^{3}He. ^{3}He concentrations in ancient deep-sea sediments have been used to constrain the flux of IDPs onto the Earth for at least the last 100 Myr. However, the use of ^{3}He in detecting IDP flux is often compromised by the diffusional loss of ^{3}He in sedimentary rocks, with the exception of some Ordovician samples that record a period of unusually high extraterrestrial^{3}He ($^{3}He_{ET}$) flux. In this study, we report for the first time the preservation of extra-terrestrial ^{3}Hein deep-sea bedded chertfrom a continuous Permian-Triassic boundary (PTB) section at Waidani in Japan, which was deposited in the Panthalassa superocean.

High ^{3}He/^{4}He ratios (up to 150 Ra; 1Ra = the atmospheric ratio) were detected from acid-insoluble residues fromthe uppermost Permian deposits, which suggeststhe existence of extraterrestrial He hosted mainly in IDPs. The estimated extraterrestrial fraction of ^{3}He across the PTB revealsthat$^{3}He_{ET}$ concentrations are higher in the topmost ~1.5 m ofthe studied Permian deposits, which is 4–5 times greater than that measured in the overlying Triassic unit. Based on the $^{3}He_{ET}$ concentration and sedimentary mass accumulation rate of the PTB section at Waidani, we calculated $^{3}He_{ET}$ fluxacross the PTB.The data document the presence of an up to 4-fold increase in IDP flux for the last 500 kyr interval of the Permian.This unusual signal suggests a significant increase in the influx of interplanetary dust particles, likely related to an asteroid showerin the inner Solar System. High-resolution stratigraphy indicates that peak IDP flux occurred during the final 500 kyr of the Permian, concurrent with a pre-extinction decline in radiolarian diversity.

キーワード：ペルム紀、三畳紀、層状チャート、ヘリウム、惑星間塵、白金族元素
Keywords: Permian, Triassic, Bedded Chert, Helium, Interplanetary dust particle, Platinum group element

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

End-Triassic Mass Extinction: Causes and Consequences

*藤崎 渉[1]
*Wataru Fujisaki[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The biodiversity crisis across the Triassic-Jurassic boundary (TJB; *ca.* 201 Ma) is characterized by one of the largest mass extinctions in the Phanerozoic. Significant increases in the extinction rate of marine fauna, and major turnovers in terrestrial vegetation and vertebrate groups, have been well documented across the TJB. In addition to the extinction, several unique geological episodes around the TJB were recognized; i.e., the emplacement of the Central Atlantic Magmatic Provinces (CAMP) which is associated with the breakup of Pangea, carbon cycle perturbations, and widespread ocean anoxia and associated deficits of nutrients. In the last decade, based on of the numerous data-set obtained from the shallow-marine shelf sequences around the Pangea, major advances have been made in our understanding of the TJB biotic crisis, related environmental changes, and the CAMP volcanism. However, the casual relationships between the CAMP volcanism and extinction-related environmental changes of global context still remain unclear. Therefore, the deep mid-Panthalassa, which occupied major portion of the global ocean during the Triassic-Jurassic transition, is indispensable for reconstructing the global environmental changes related to the TJB biotic crisis.

Deep-sea bedded cherts in the Mino-Tanba belt in SW Japan provide critical constraints for reconstructing paleo-environmental changes because they preserve extinction-related intervals from the Middle Permian to the Early Jurassic deposited in the deep mid-Panthalassa. Most recently, the stratigraphic $\delta^{13}C_{org}$ variation using Rhaetian (Late Triassic) to Hettangian (Early Jurassic) shales interbedded within deep-sea cherts was established in the Katsuyama section in the Mino-Tanba belt. By obtaining high-resolution Rhaetian to Hettangian $\delta^{13}C_{org}$ values, three negative carbon isotopic excursions (NCIEs) were newly detected before and across the TJB. The mid-Panthalassic NCIEs are well correlated with those in many shallow-marine regions including the base Jurassic GSSP of TJB at Kuhjoch in Austria, suggesting that three NCIEs in the Tethys and mid-Panthalassa likely reflected global perturbations of the carbon cycle, rather than local phenomena. Based on the Os isotopic records correlated with $\delta^{13}C_{org}$ stratigraphic profiles, the mid-Panthalassic NCIEs can be interpreted as the consequences of the multiple emplacements of CAMP volcanism.

On the other hand, despite the oxic deep mid-Panthalassa, widespread ocean anoxia and associated deficits of nutrients around the TJB were recently identified in the Eastern Panthalassa. Since the redox conditions were quite different between shallow-marine regions and mid-Panthalassic sites, information regarding nutrient concentrations in the mid-Panthalassa is required. Oceanic fixed nitrogen is a bio-limiting component in the modern ocean, and total nitrogen isotopic composition ($\delta^{15}N_{TN}$) of sedimentary rocks is a useful tool for the reconstruction of ancient nitrogen cycles. To advance our understanding on the global nitrogen cycle, this study for the first time provides Rhaetian to Hettangian $\delta^{15}N_{TN}$ records in combined with Mo and U concentrations from the shales in the Katsuyama section. Based on the newly obtained data-set, I comprehensively discuss relative concentrations of biologically available nitrogen compounds in the mid-Panthalassa, their possible association with the redox condition, and biodiversity during the Triassic-Jurassic transition.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：中央大西洋火成岩岩石区、パンサラッサ海、窒素同位体、酸化還元鋭敏元素、層状チャート、日本
Keywords: Central Atlantic Magmatic Provinces (CAMP), Panthalassic ocean, Nitrogen isotopes, Redox sensitive elements, Bedded cherts, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 105 1F

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)、座長:藤崎 渉(国立研究開発法人海洋研究開発機構)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

13:45 ~ 14:00

[BCG08-05] 地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1] (1.神戸大学大学院)

14:00 ~ 14:15

[BCG08-06] 最下部カンブリア系SSF生層序の改訂

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2.東京工業大学地球生命研究所 、3.中国西北大学)

14:15 ~ 14:30

[BCG08-07] $\delta^{88}Sr$ and$^{87}Sr/^{86}Sr$records of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5] (1.熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2.東京大学大学院総合文化研究科、3.国立極地研究所、4.東京工業大学理学院、5.国立科学博物館理工学研究部)

14:30 ~ 14:45

[BCG08-08] パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8] (1.熊本大学大学院自然科学研究科、2.熊本大学大学院先端科学研究部、3.薩摩川内市役所、4.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5.東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6.神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科)

14:45 ~ 15:00

[BCG08-09] 白亜紀―古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2] (1.筑波大学 生命環境系、2.高知大学 農林海洋科学部)

15:00 ~ 15:15

[BCG08-10] Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

*磯崎 行雄[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)

地質学的時間スケールでみる生物多様性の変遷：拡散個体群と局所集団のスモールワールド性から考える種分化のメカニズム
Transition of biodiversity in mobile populations and the small world in local subpopulations

*今岡 宏太[1]、山崎 和仁[1]
*Kota Imaoka[1], Kazuhito Yamasaki[1]

1. 神戸大学大学院
1. Kobe University Graduate school of Science

1. 研究の背景と目的

地質学的時間スケールで生じる生物の多様性のひとつとして種分化があげられる(Gould 1989, 河田 2000)。したがって、そのメカニズムを解明することは，過去から現在に至るまでの生物進化の流れを知るうえで非常に重要な古生物学的研究テーマといえる。このメカニズムの基本のひとつとして生殖隔離があり、地理的障壁により集団が分断され、分集団内で変異が蓄積し、その後の二次的接触の際には雑種不適合が生じて、生殖隔離に至る異所的種分化(Hubbell, 2001)や、遺伝子流動のある集団内で、餌や生息地の違いといった自然選択から選択交配がなされ、集団が分化していく同所的種分化(Gavrilets, 2003)などが提唱されてきた。しかし、近年では地理的隔離や自然選択を考えない生態学的に中立な種分化がシミュレーションによって研究され(Suzuki and Chiba, 2016)、種個体数分布や面積種数関係など自然界で実際に見ることができるパターンを再現している(Aguiar et al., 2009)。この中立な種分化において生殖隔離を引き起こす要因となっているのが、個体の交配範囲を表す空間的距離と交配相手との遺伝子の違いを表す遺伝的距離の2つの交配条件である(Aguiar et al., 2009)。この2つの条件が厳しいほどに集団は選択交配を行い、生殖隔離が成立する(Kawata, 2002)。このような種分化を'topopatric speciation'と呼ぶ。

ところで、地質学的時間スケールを考えた場合、生物の拡散現象による効果も、生物多様性に影響を与える大きな要因のひとつと考えられる(Yamasaki et al., 1999)。しかしながら、topopatric speciationを考えた多くのシミュレーションでは静止個体群を考えており、個体群の拡散能力が種分化や生態系に及ぼす影響を解析した例は少ない。よって、本研究ではそこに着目し、個体が常に移動することで、個体群の分布が変化する拡散個体群を考えた。この中立な拡散個体群についても種分化を促す要因を解明することで、拡散個体群を含めた生物全体の種分化のメカニズムや、過去に生物がどのように多様性を増加させたかを解明することにつながると思われる。さらに、本研究では各種の空間的な構造をネットワーク理論に基づいて考察し、シミュレーションの過程で拡散個体群が示す分布の違いを定量的に示す。このことにより、種分化が起きるときに集団が空間中でとる構造を定量化し、それが生物多様性にどのような影響を与えるのかを示すことができる。

2. 研究手法

仮想的生物として優劣の無い対立遺伝子を持つ2倍体の個体を考える。遺伝的変異は突然変異のみで自然淘汰を考えない中立で確率的なモデルを作成し、多主体系（多体系かつ各個体が意思を持って行動する系）のシミュレーションを行った。生殖隔離の遺伝的機構としては2つ以上の遺伝子座に着目したDobzhansky-Muller modelを用い、種の定義は輪状種の概念を用いた(Irwin et al., 2001, 2005)。シミュレーションでは各拡散能力における空間中の種数だけを考えるのではなく、種個体数分布の観点から見た種多様性や、ヘテロ接合度による遺伝的多様性も考え、生物多様性全体を定量化した。また、ネットワーク理論を用いて各種の個体をノードとし、交配可能な個体間の関係をリンクとみなすことで平均頂点間距離と平均クラスター係数を求めた。

3. 結果と考察

シミュレーションの結果、拡散能力の違いにより種数は変化し、それに伴い種多様性、遺伝的多様性も変化していた。よって、拡散能力の違いが生物多様性に影響を与えていることがわかる。さらに、実際に自然界で

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成立していることが知られている種個体数分布則や面積種数関係が本研究のシミュレーションの結果でも成立していることがわかった。また、種数が最大となったのは本研究で用いた拡散能力のパラメータが最小の時であり、各種の平均頂点間距離は小さく、逆に、平均クラスター係数は大きかった。したがって、この時、集団はネットワークの分野で言われるスモールワールドの特徴を持つことがわかる。スモールワールドには情報の伝達速度が速く、ノード間のつながりも強いという性質があり、ここでは、集団内での遺伝情報のやり取り速度が速く、多くの個体と関係を持つことができることを意味する。よって、このようなスモールワールドの特徴を持った局所的な集団ができることで、その中で変異が蓄積され、生殖隔離が促進されたことが示唆される。これらのことから、拡散個体群においても種分化が起きるときには集団の局所化が必要であり、それが地理的隔離や自然選択に依らずとも、生態学的に中立なモデルにおける空間的な条件と遺伝的な条件による選択交配によって引き起こされることがわかる。

キーワード：種分化、生物多様性、生物拡散、Dobzhansky-Muller model、スモールワールド
Keywords: speciation, biodiversity, biological diffusion, Dobzhansky-Muller model, the small world

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

最下部カンブリア系SSF生層序の改訂
Rivision of the lowermost Cambrian SSF stratigraphy

*河野 聖那[1]、磯崎 行雄[1]、佐藤 友彦[2]、張 興亮[3]、劉 偉[3]
*KONO SENA[1], Yukio Isozaki[1], Tomohiko Sato[2], Xingliang Zhang[3], Wei Liu[3]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系、2. 東京工業大学地球生命研究所 、3. 中国西北大学
1. The University of Tokyo School of Arts &Sciences, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Northwest university, China

カンブリア紀最初期の動物多様化はsmall shelly fossils (SSF)群集の出現として記録されている．これまで最も詳しい研究が行われてきた南中国，雲南省東部澄江地域の小濫田および洪家冲セクションの露頭試料および掘削コア試料を用いて，最下部カンブリア系の詳細な岩相およびSSF生層序を検討した． 小濫田セクションにおける最下部カンブリア系の中で，SSFを含有するリン酸塩岩（中誼村部層:層厚約30 m）について詳細な検討を行った結果，以下の事が明らかになった．1)中誼村部層は岩相の特徴から6つのユニットに細分される．黒色泥岩層を伴うユニット3は中誼村部層の中で明瞭な鍵層となる．2) 中誼村部層および直上の大海部層から採取した83層準の試料中，26層準からSSFが得られ，多様なSSF化石の産出範囲の詳細が明らかになった．下位より順に(i) *Acanthocasis orthocanthus, Spirellus*sp., *Protohertzina unguloformis, Protohertzina anabarica*を主に産する区間（中誼村部層ユニット1の最上部およびユニット2の下部）．(ii) *Ocruranus finial, Purella* sp., *Yunnanopleura biformis*を含み（ユニット2の上部）, cap状化石の初出によって特徴付けられる区間．(iii) *Helcionella*sp., *Oelandiella korobkovi*からなる区間（ユニット3）．(iv) *Obtusoconus*sp.,*Conopoconis*sp., *Erongia acculatus*を含む区間（ ユニット6の下部）．そして(v) *Igorella* sp., *Bemella simplelx, Paragloborilus subglobosus*からなる区間（ユニット6の上部）である．3) 洪家冲セクションでは(i)と(ii)の間に*Halkieria*sp., *Pteromus* sp., *Sinosachites delicatus*などからなる特異な群集を産する区間がさらに識別可能である．

以上のことから，小濫田および洪家冲セクションでは，以下の６つの化石帯が設定できる．すなわち，*Acanthocasis orthocanthus- Protohertzina anabarica*Zone， *Halkieria- Pteromus*Zone，*Ocruranus finial-Yunnanopleura biformis*Zone，*Paracarinachites sinensis-Oelandiella korobkovi*Zone，*Obtusoconus -Conopoconis*Zoneそして*Igorella-Bemella simplelx*Zoneである．中誼村部層のSSFについてはこれまで2つの群集帯が区分された（Steiner et al., 2007）のみであったが，本研究によって6つの化石帯が識別可能であることが明らかとなった．また，中誼村部層中部の鍵層が*Paracarinachites sinensis-Oelandiella korobkovi* zoneに限定されることは，広域の年代対比に極めて有効である．

キーワード：カンブリア紀、SSF、雲南省
Keywords: Cambrain, SSF, Yunnan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

δ^{88}Sr and ^{87}Sr/^{86}Srrecords of the Middle-Late Permian seawater: mass extinction-relevant change in ocean Sr budget

*可児 智美[1]、磯崎 行雄[2]、三澤 啓司[3]、石川 晃[4]、米田 成一[5]
*Tomomi Kani[1], Yukio Isozaki[2], Keiji Misawa[3], Akira Ishikawa[4], Shigekazu Yoneda[5]

1. 熊本大学大学院先端科学研究部（理学系）、2. 東京大学大学院総合文化研究科、3. 国立極地研究所、4. 東京工業大学理学院、5. 国立科学博物館理工学研究部
1. Kumamoto University, 2. The University of Tokyo, 3. National Institute of Polar Research, 4. Tokyo Tech, School of Science, 5. National Museum of Nature and Science

ペルム紀中期後期海水のδ^{88}Srと^{87}Sr/^{86}Sr記録:大量絶滅期の海洋Sr収支変化

キーワード：ペルム紀、Sr同位体、炭酸塩
Keywords: Permian, Sr isotope, carbonate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海遠洋域における後期三畳紀カーニアン湿潤化イベントにより形成された層状マンガン鉱床

Formation of stratiform manganese deposits during the Carnian (Late Triassic) “pluvial event” in the pelagic Panthalassa

*冨松 由希[1]、尾上 哲治[2]、山下 大輔[3]、野崎 達生[4,5,6,7]、高谷 雄太郎[8]
*Yuki Tomimatsu[1], Tetsuji Onoue[2], Daisuke Yamashita[3], Tatsuo Nozaki[4,5,6,7], Yutaro Takaya[8]

1. 熊本大学大学院自然科学研究科、2. 熊本大学大学院先端科学研究部、3. 薩摩川内市役所、4. 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、5. 東京大学大学院工学系研究科 資源・エネルギーフロンティアセンター、6. 神戸大学大学院 理学研究科 惑星学専攻、7. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、8. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科
1. Graduate school of Science and Technology, Kumamoto University, 2. Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto University , 3. Satsumasendai City Office, 4. Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Frontier Research Center for Energy and Resources (FRC- ER), Graduate School of Engineering, Tokyo University, 6. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 7. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 8. Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Enginerring, Waseda University

Stratiform manganese deposits have been reported from the Triassic bedded chert sequences in the Japanese accretionary complexes, which are considered to have accumulated in a mid–oceanic basin of the Panthalassa Ocean.However, their precise mineralization age and depositional environment remain poorly understood. In the present study, we investigated lithostratigraphy, conodont and radiolarian ages, and geochemistry of bedded cherts and chert-hosted manganese deposits from the Jurassic accretionary complexes (Chichibu, Mino–Tamba, and Northern Kitakami Belts) in Japan.
The studied sequences are classified into three to four lithostratigraphical units; lower bedded chert, massive chert, manganese ore (30-150 cm thick), and upper bedded chert units in ascending order. Radiolarian fossils from the lower bedded chert unit indicate the Early Carnian age, based on the occurrence of *Capnuchosphaera deweveri*and *C. triassica*, whereas the upper bedded chert unit contains Late Carnian radioralian species, including *Poulpus carcharus*and *Trialatus megacornutus*. Conodonts extracted from the upper bedded chert unit also include Late Carnian species, such as *Paragondolella praelindae*and*Metapolygnathus praecommunisti*. These occurrences of microfossils suggest that the sedimentary age of the manganese ores can be constrained from the late Early Carnian to early Late Carnian. Chemical compositions of the manganese ore are characterized by the enrichments in Mn and low concentrations of Co, Ni, and Zn. These geochemical features are similar to those in modern submarine hydrothermal manganese deposits. On the other hand, highly enrichments in V, Ni, Zn, U, and high U/Th ratio were recognized in the massive chert unit below the manganese ores, which indicate deposition under a reducing depositional environment.
Our biostratigraphic and geochemical analyses indicate that a redox state change from anoxic to oxic environments occurred in a pelagic deep seafloor in the late Early to early Late Carnian. This interval is known as a period of increased rainfall, named the Carnian Pluvial Event (CPE) in the western Tethys. CPE is characterized by the increased continental weathering which led to the increased nutrient flux and triggered the development of anoxia. It is likely that the Upper Triassic manganese deposits may have been formed during recovery from the reducing environment associated with the CPE.

キーワード：層状マンガン鉱床、三畳紀、カーニアン湿潤化イベント、ジュラ紀付加体、微化石、地球化学

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Stratiform manganese deposit, Triassic, Carnian Pluvial Event, Jurassic accretionary complex, Microfossil, Geochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

白亜紀ー古第三紀境界粘土層における親銅元素の異常濃縮
Enrichment of chalcophile elements in Cretaceous–Paleogene boundary clays

*丸岡 照幸[1]、西尾 嘉朗[2]
*Teruyuki Maruoka[1], Yoshiro Nishio[2]

1. 筑波大学 生命環境系、2. 高知大学 農林海洋科学部
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Research and Education Faculty, Kochi University

白亜紀ー古第三紀(K-Pg)境界に相当する時代に隕石衝突が起こったことは様々な地球科学的証拠から示されているが，隕石衝突後の地球の環境変化を含めて大量絶滅を引き起こした直接的な要因については明確になっていない。K-Pg境界は、Ir、Osなどの親鉄元素の異常濃縮で特徴づけられるが、Cu、Zn、Asなどの親銅元素にも異常濃縮が見出されている。親鉄元素の元素比はコンドライトと同様の比であり、この親鉄元素は衝突した隕石に起因することが分かっている。一方で、親銅元素/親鉄元素の比は1-2桁程度コンドライトにおける比よりも高くなっている。このために親銅元素は隕石成分だけでは説明がつかない。本研究ではK-Pg境界粘土層に含まれる主要・微量元素組成をもとに、親銅元素過剰を生み出すメカニズムを議論する。

K-Pg境界粘土層の主要・微量元素濃度は近接する露頭から得られた試料でさえも一定ではなく、いくつかの元素濃度間に相関関係を見出すことができた。この相関は2成分の混合で説明可能である。一方は親銅元素・Feに富んだ成分で、他方はCaに富んだ成分であった。Ag, Cu, Pb, Irに関してはこの2成分以外にさらに1成分が必要であった。K-Pg境界粘土層に含まれる親銅元素は、鉄に富む成分、Ag, Cu, Pbに富む成分として存在している。

境界粘土層は鉄酸化物/水酸化物の微粒子に富んでいることがあり、このような粒子は隕石衝突に伴う衝撃加熱で生じた凝縮物だと考えられている。鉄酸化物/水酸化物は貧酸素な海洋底に到達すると還元され、硫化物として堆積物に固定される。鉄酸化物/水酸化物は海水中の親銅元素を捕集することが知られており、捕集されていた親銅元素は硫化物に取り込まれる。Feに伴われる親銅元素はこのようなプロセスを経て、境界粘土層に濃縮したと考えられる。一方、Ag, Cu, Pbは閃亜鉛鉱や方鉛鉱などの酸可溶硫化鉱物に濃縮しやすい元素であるため、隕石衝突直後に起きた酸性雨により溶解し、海洋に流入した成分であると考えられる。これらの親銅元素に富む2成分は衝突加熱、酸性雨といった隕石衝突に関連する事象により生じたことになる。

キーワード：隕石衝突、衝突加熱、酸性雨
Keywords: meteorite impact, impact heating, acid rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

Mass extinctions: hierarchy of causes and cosmoclimatological perspective

*磯崎 行雄[1]
*Yukio Isozaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系
1. Department of Earth Science and Astronomy, Multi-disciplinary Sciences - General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

This paper reviews possible causes proposed for the double-stepped extinction in regard of the current status of mass extinction studies. Causes of extinction can be grouped into four categories; from small to large scale, Caterogry 1 to Category 4. Category 1 –direct kill mechanism, Category 2 –global environmental change, Category 3 –trigger on the planet’s surface, and Category 4 –ultimate cause. Among the Big-5 mass extinctions of the Phanerozic, two events in the Paleozoic, i.e.,the Hirnantian (Ordovician) and end-Guadalupian (Permian) events, show significant similarities in various aspects. Biological and non-biological aspects unique to these two distinct events include changes in biodiversity, isotope ratios (C, Sr *etc.*) of seawater, sea level, ocean redox state, episodic volcanism, and geomagnetism. In particular, the similar appearance of global cooling (Category 2) suggests the same cause and processes were likely responsible for the biodiversity drop. In addition to the most prevalent scenario of mantle plume-generated large igneous provinces (LIPs) (Category 3) for the end-Permian extinction, an emerging perspective of cosmoclimatology is introduced with respect to astrobiology. Galactic cosmic radiation (GCR) and solar/terrestrial responses in magnetism (Category 4) could have had a profound impact on Earth’s climate, in particular, on extensive cloud coverage (irradiance shutdown). Furthermore, the star-burst events detected in the Milky Way Galaxy apparently coincide in timing with the cooling-associated major extinctions of the Phanerozoic and also with the Proterozoic snowball Earth episode. As an ultimate cause (Category 4) for major extinction, the episodic increase in GCR flux from the source (dark clouds derived from star-burst) against the geomagnetic shield likely determined the major climate changes, particularly global cooling in the past. The study of mass extinctions on Earth is entering a new stage with a new astrobiological perspective.

キーワード：大量絶滅、グローバル寒冷化、銀河宇宙線、絶滅原因
Keywords: mass extinction, global cooling, GCR, extinction cause

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

Marine Osmium isotope record across the Aptian/Albian boundary to elucidate the relationship between the Oceanic Anoxic Event 1b and massive volcanic activities at the Southern Kerguelen Plateau

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2]
*Hironao Matsumoto[1], Junichiro Kuroda[1], Rodolfo Coccioni[2], Naohiko Ohkouchi[3], Nanako O. Ogawa[3], Saburo Sakai[3], Katsuhiko Suzuki[3], Fabrizio Frontalini[2], Andrea Mazzoli[2]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. ウルビノ大学、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. DiSPeA, University of Urbino, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Several organic-rich sediments (black shales) were deposited in the Tethys and the Atlantic Oceans from the uppermost Aptian to the lower Albian. In particular, four prominent black shale layers have been identified (i.e., Jacob, Kilian, Urbino/Paquier, and Leenhardt levels in stratigraphic order) as the sedimentary expression of Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b. The OAE1b is characterized by a major planktic foraminiferal turnover in the Cretaceous period and its exceptionally long duration. In spite of its significant impact on the marine biological evolution, the OAE1b is one of the least studied Cretaceous OAEs. Massive volcanic activities associated with the emplacement of Southern Kerguelen Plateau were ascribed as the trigger mechanisms for the OAE1b. However, the large uncertainties in the radiometric age of Southern Kerguelen Plateau and the sedimentary sequence of OAE1b have however hampered the definition of their causal relationship. Paleo-seawater osmium isotopic record ($^{187}Os/^{188}Os$) is a powerful tool to detect the timing of volcanic pulse. Marine $^{187}Os/^{188}Os$ value mainly reflects the balance between radiogenic osmium flux from the continental crust ($^{187}Os/^{188}Os$ ~1.0-1.5) and unradiogenic osmium flux through hydrothermal activities ($^{187}Os/^{188}Os$ ~0.12). Thus, the relative contribution of hydrothermal activities (or the submarine volcanic activities) can be reconstructed from the paleo-seawater $^{187}Os/^{188}Os$ variation recorded in the sedimentary rocks. In this study, we present a new record of marine Os isotopic record from the Late Aptian to Early Albian to reveal the timing of massive volcanic activities and its relationship with OAE1b.
Pelagic sedimentary rock samples were collected from two sites; 1) Poggio le Guaine (PLG) section (Italy) that was deposited in the central-western Tethys Ocean, and 2) Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 463 drilled at the western Mid-Pacific Mountains in the Pacific Ocean. Based on the micropaleontological study on planktonic foraminifera and carbon isotopic analysis of bulk inorganic carbon, the stratigraphy of these two sections was precisely correlated. Indeed, the stratigraphic interval equivalent to the Jacob and Kilian levels were identified for the first time in the Pacific region. Variations of initial $^{187}Os/^{188}Os$ values were consistent between PLG section and DSDP Site 463 and summarized as follows; 1) relatively stable $^{187}Os/^{188}Os$ values in the pre-OAE1b interval, 2) decline of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the onset of OAE1b, (3) a first sharp drop of $^{187}Os/^{188}Os$ at the extinction level, (4) a second sharp drop followed by an abrupt increase in the $^{187}Os/^{188}Os$ values at the Kilian level, and (5) fluctuation of $^{187}Os/^{188}Os$ values above the Kilian level. Combining $^{187}Os/^{188}Os$ data and other geochemical data, we interpreted that the drops of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the extinction and Kilian levels were induced by pulses of hydrothermal activities.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Massive volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau is one of the most likely candidates to have caused the decreases in isotopic composition of osmium of seawater recorded at PLG section and DSDP Site 463. The close correspondence of osmium spikes to the extinction events within the OAE1b would support a causal link between the volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau and the biotic turnover recorded across Aptian/Albian boundary.

キーワード：海洋無酸素事変1b、オスミウム同位体比、巨大火成岩岩石区
Keywords: Oceanic Anoxic Event 1b, Osmium isotope ratio, large igneous province

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

Rhaetian (Late Triassic) conodont biostratigraphy of the Panthalassa Ocean and the final extinction of conodonts at the end of the Triassic

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1]
*Kanna Yamasaki[1], Daisuke Yamashita[2], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学、2. 薩摩川内市役所
1. Kumamoto University, 2. Satsumasendai City Office

The Rhaetian stage of the Triassic was a period characterized by intense biological, climate and environmental changes, ending with the break-up of the supercontinent Pangaea and the occurrence of the End-Triassic mass Extinction (ETE), one of the big five extinctions documented during the Phanerozoic. It is noteworthy that the ETE seems to be associated with significant $d^{13}C$ perturbations (CIEs), commonly related to the CAMP eruptive phases. The stratigraphic record of these environmental changes has been recently reported from the Upper Triassic bedded chert successions in Japan, deposited within a Paleo-Pacific (Panthalassa) deep basin. The chronology for the Rhaetian pelagic in the Panthalassa Ocean is based on the radiolarian zonation, which is well established in the Upper Triassic bedded chert successions in the Mino Belt, central Japan. Although accurate calibration for the chronostratigraphic stages and substages are established basically by means of ammonites and conodonts, most of the Japanese radiolarian zones were calibrated through correlation with zonal schemes established in other regions, and have not been calibrated conodont biostratigraphy.

Here we present Upper Norian to Rhaetian conodont biostratigraphy of an Upper Triassic bedded chert succession from the Mino belt, central Japan, where the radiolarian biostratigraphy has been investigated (Hori, 1992; Sugiyama, 1997). Based on the stratigraphic distributions of marker species, four conodont zones were defined: the *Mocina bidentata* Zone, the *Misikella hernsteini* Zone, the *M. posthernsteini* zone, and the *M. ultima* zone, in ascending order. These conodont zones are comparable to the standard Late Norian and Rhaetian conodont zones of western Tethys. The Norian/Rhaetian boundary in the study section is tentatively placed between the last occurrence of a Norian radiolarian species (*Betraccium deweveri*) and the first occurrences of Rhaetian conodont species (*M. posthernsteini*). The intercalibrated conodont—radiolarian biostratigraphy from the section accurately calibrates the radiolarian zones in Japan with standard chronostratigraphic stages and substages.

キーワード：後期三畳紀、化石層序、コノドント、層状チャート、美濃帯、パンサラサ海
Keywords: Late Triassic, biostratigraphy, conodont, bedded chert, Mino belt, Panthalassa Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動
Paleoenvironmental changes across the Permian/Triassic boundary sections in the Mino Belt, central Japan

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1]
*Shinya Uemura[1], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学
1. Kumamoto University

The ca. 251 Ma Permian/Triassic boundary (PTB) records the largest biotic catastrophe in the Phanerozoic. A considerable amount of work for the PTB event has been done on the Tethyan platforms and peri -Pangean shelves, and some possible causes have been proposed to explain the extinction event: oceanic anoxia, meteorite impact, flood basalt volcanism and global warming. Sano et al. (2010, 2012) reported the stratigraphic variations of TOC, $\delta^{13}C_{org}$ and the number of Permian radiolarian species in the PTB siliceous rock section of the Mino Belt, central Japan, and inferred that a reducing condition in the deep Panthalassic Ocean at the PTB. In this study, we examined the geochemical and mineral compositions of the exactly the same sections of Sano et al. (2010, 2012).
The study sections, namely NF1212F and NF195, consist of Upper Permian chert (Changshingian) and Lower Triassic (Induan) black claystone intermittently with thin chert beds. A total 81 clatstone samples were obtained from the NF1212F and NF195 sections. Powder x-ray diffraction (XRD) analysis shows that the claystones below the PTB contained quartz, magnetite, illite and chlorite, while all the claystone above the boundary only contained quartz and illite. The results of XRF and ICP-MS analysis revealed that redox-sensitive trace-element (vanadium [V], chromium [Cr], molybdenum [Mo], and uranium [U]) increase in the uppermost Permian chert beds. The increasing trend in Mo/U ratio from 150 cm to 25 cm below the PTB indicates shift from anoxic to euxinic conditions. This trend suggests that strong reducing conditions developed just before the end-Permian mass extinction.

キーワード：ペルム紀/ 三畳紀境界、層状チャート、美濃帯、パンサラッサ海、海洋無酸素
Keywords: Permian/ Triassic boundary, bedded chert, Mino belt, Panthalassic ocean, ocean anoxia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2]
*HISASHI ASANUMA[1], Yusuke Sawaki[1], Shigenori Maruyama[2]

1. 東京大学、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. The University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

The Mona Complex in Anglesey-Lleyn records a Precambrian subduction-accretion orogeny on the Avalonian margin. It contains an accreted remnant of an oceanic crust and calc-alkaline igneous and high-pressure metamorphic rocks. Their geochronological study plays a key role in comprehension of geotectonic evolution of the Avalonian subduction system. Therefore, we have conducted U-Pb dating of detrital zircons from volcano-sedimentary rocks in the Monian Supergroup, and then K-Ar dating of white micas from pelitic and mafic schists in the Blueschist unit, the Central Shear Zone, and the New Harbour Group. Our new chronological dataset leads to re-interpretation of Anglesey-Lleyn geotectonic framework in terms of a younger analogue of comparable blueschist belts and accretionary orogens in Japan and California.
The evidences of arc-related magmatism are widely distributed in Wales and Central England, and they date back to 760 Ma. Age data of calc-alkaline granites suggest that the Avalonian subduction and its arc-related magmatism had already started by 711–677 Ma. In the period of main arc magmatism (616–555 Ma), a subduction-related accretion of the Gwna Group sediments started (by 578 Ma) on an active margin of Avalonia. Its accretion likely continued to 530 Ma. Moreover, metamorphic rocks of the Blueschist unit and the Central Shear Zone were exhumed from different crustal depths in the interval 578–530 Ma. Afterwards, sedimentation of the New Harbour and South Stack Groups occurred at < 515 ±13 Ma and < 501 ±10 Ma. Sediments of the New Harbour and South Stack Groups were finally accreted underneath the base of the Gwna Group at the accretionary wedge. The greenschist facies metamorphism of the New Harbour Group at 474 Ma constrains its minimum depositional age. In a larger perspective, our new ages are broadly contemporaneous with the calc-alkaline continental arc magmatism in NW Wales and Central England that formed by successive eastward subduction from 711 to 474 Ma.

キーワード：アバロニア、アングレシー・スリン地域、太平洋型造山運動
Keywords: Avalonia, Anglesey-Lleyn, Pacific-type orogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1]
*Yusuke Sawaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科
1. The University of Tokyo

The Ediacaran period records one of the most dramatic biological episodes in Earth’ s history. To decipher surface environmental changes occurring in the Ediacaran, a variety of geochemical proxies have been reported by a number of studies. Ediacaran sedimentary rocks in South China figure prominently in such studies, because they are fossiliferous and accumulated at various depositional settings from shallow marine to deep basin. Recent extensive geochemical works for the Doushantuo Formation in South China demonstrate that $\delta^{13}C$ values of carbonate were variable depending on the depositional settings. In order to test whether the difference reflect spacial or temporal variation, I focus on $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio as a chemostratigraphic tool. However, the existing $^{87}Sr/^{86}Sr$ values are limited to shallow marine deposits, which leaves ambiguity in a variation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in outer ocean. Our group conducted on-land drilling at Siduping and Tianping sections in South China to obtain completely continuous sedimentary rocks deposited at slope facies. We newly report stratigraphic profiles of the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios at the sections. $^{87}Sr/^{86}Sr$ chemostratigraphy demonstrated some diachronous natures of $\delta^{13}C$ within the Doushantuo Formation. The enhanced continental weathering during Gaskiers glaciation likely promoted bacterial sulfate reduction and aerobic respiration of organic matter. These resulted in low $\delta^{13}C$ values of dissolved inorganic carbon and accumulations of phosphate and dissolved CO_2 species in seawater, and eventually induced the deposition of phosphorites at the shelf margin. High $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios during the largest negative $\delta^{13}C$ anomaly in the Ediacaran can be also recognized in the continental slope sediment. This fact supports that globally high continental weathering rate led to massive remineralization of organic matter and a consequent significant negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursion.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

Marine Osmium isotope record across the Aptian/Albian boundary to elucidate the relationship between the Oceanic Anoxic Event 1b and massive volcanic activities at the Southern Kerguelen Plateau

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2]
*Hironao Matsumoto[1], Junichiro Kuroda[1], Rodolfo Coccioni[2], Naohiko Ohkouchi[3], Nanako O. Ogawa[3], Saburo Sakai[3], Katsuhiko Suzuki[3], Fabrizio Frontalini[2], Andrea Mazzoli[2]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. ウルビノ大学、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. DiSPeA, University of Urbino, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Several organic-rich sediments (black shales) were deposited in the Tethys and the Atlantic Oceans from the uppermost Aptian to the lower Albian. In particular, four prominent black shale layers have been identified (i.e., Jacob, Kilian, Urbino/Paquier, and Leenhardt levels in stratigraphic order) as the sedimentary expression of Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b. The OAE1b is characterized by a major planktic foraminiferal turnover in the Cretaceous period and its exceptionally long duration. In spite of its significant impact on the marine biological evolution, the OAE1b is one of the least studied Cretaceous OAEs. Massive volcanic activities associated with the emplacement of Southern Kerguelen Plateau were ascribed as the trigger mechanisms for the OAE1b. However, the large uncertainties in the radiometric age of Southern Kerguelen Plateau and the sedimentary sequence of OAE1b have however hampered the definition of their causal relationship. Paleo-seawater osmium isotopic record ($^{187}Os/^{188}Os$) is a powerful tool to detect the timing of volcanic pulse. Marine $^{187}Os/^{188}Os$ value mainly reflects the balance between radiogenic osmium flux from the continental crust ($^{187}Os/^{188}Os$ ~1.0-1.5) and unradiogenic osmium flux through hydrothermal activities ($^{187}Os/^{188}Os$ ~0.12). Thus, the relative contribution of hydrothermal activities (or the submarine volcanic activities) can be reconstructed from the paleo-seawater $^{187}Os/^{188}Os$ variation recorded in the sedimentary rocks. In this study, we present a new record of marine Os isotopic record from the Late Aptian to Early Albian to reveal the timing of massive volcanic activities and its relationship with OAE1b.
Pelagic sedimentary rock samples were collected from two sites; 1) Poggio le Guaine (PLG) section (Italy) that was deposited in the central-western Tethys Ocean, and 2) Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 463 drilled at the western Mid-Pacific Mountains in the Pacific Ocean. Based on the micropaleontological study on planktonic foraminifera and carbon isotopic analysis of bulk inorganic carbon, the stratigraphy of these two sections was precisely correlated. Indeed, the stratigraphic interval equivalent to the Jacob and Kilian levels were identified for the first time in the Pacific region. Variations of initial $^{187}Os/^{188}Os$ values were consistent between PLG section and DSDP Site 463 and summarized as follows; 1) relatively stable $^{187}Os/^{188}Os$ values in the pre-OAE1b interval, 2) decline of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the onset of OAE1b, (3) a first sharp drop of $^{187}Os/^{188}Os$ at the extinction level, (4) a second sharp drop followed by an abrupt increase in the $^{187}Os/^{188}Os$ values at the Kilian level, and (5) fluctuation of $^{187}Os/^{188}Os$ values above the Kilian level. Combining $^{187}Os/^{188}Os$ data and other geochemical data, we interpreted that the drops of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the extinction and Kilian levels were induced by pulses of hydrothermal activities.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Massive volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau is one of the most likely candidates to have caused the decreases in isotopic composition of osmium of seawater recorded at PLG section and DSDP Site 463. The close correspondence of osmium spikes to the extinction events within the OAE1b would support a causal link between the volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau and the biotic turnover recorded across Aptian/Albian boundary.

キーワード：海洋無酸素事変1b、オスミウム同位体比、巨大火成岩岩石区
Keywords: Oceanic Anoxic Event 1b, Osmium isotope ratio, large igneous province

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

Rhaetian (Late Triassic) conodont biostratigraphy of the Panthalassa Ocean and the final extinction of conodonts at the end of the Triassic

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1]
*Kanna Yamasaki[1], Daisuke Yamashita[2], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学、2. 薩摩川内市役所
1. Kumamoto University, 2. Satsumasendai City Office

The Rhaetian stage of the Triassic was a period characterized by intense biological, climate and environmental changes, ending with the break-up of the supercontinent Pangaea and the occurrence of the End-Triassic mass Extinction (ETE), one of the big five extinctions documented during the Phanerozoic. It is noteworthy that the ETE seems to be associated with significant $d^{13}C$ perturbations (CIEs), commonly related to the CAMP eruptive phases. The stratigraphic record of these environmental changes has been recently reported from the Upper Triassic bedded chert successions in Japan, deposited within a Paleo-Pacific (Panthalassa) deep basin. The chronology for the Rhaetian pelagic in the Panthalassa Ocean is based on the radiolarian zonation, which is well established in the Upper Triassic bedded chert successions in the Mino Belt, central Japan. Although accurate calibration for the chronostratigraphic stages and substages are established basically by means of ammonites and conodonts, most of the Japanese radiolarian zones were calibrated through correlation with zonal schemes established in other regions, and have not been calibrated conodont biostratigraphy.

Here we present Upper Norian to Rhaetian conodont biostratigraphy of an Upper Triassic bedded chert succession from the Mino belt, central Japan, where the radiolarian biostratigraphy has been investigated (Hori, 1992; Sugiyama, 1997). Based on the stratigraphic distributions of marker species, four conodont zones were defined: the *Mocina bidentata* Zone, the *Misikella hernsteini* Zone, the *M. posthernsteini* zone, and the *M. ultima* zone, in ascending order. These conodont zones are comparable to the standard Late Norian and Rhaetian conodont zones of western Tethys. The Norian/Rhaetian boundary in the study section is tentatively placed between the last occurrence of a Norian radiolarian species (*Betraccium deweveri*) and the first occurrences of Rhaetian conodont species (*M. posthernsteini*). The intercalibrated conodont—radiolarian biostratigraphy from the section accurately calibrates the radiolarian zones in Japan with standard chronostratigraphic stages and substages.

キーワード：後期三畳紀、化石層序、コノドント、層状チャート、美濃帯、パンサラサ海
Keywords: Late Triassic, biostratigraphy, conodont, bedded chert, Mino belt, Panthalassa Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動
Paleoenvironmental changes across the Permian/Triassic boundary sections in the Mino Belt, central Japan

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1]
*Shinya Uemura[1], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学
1. Kumamoto University

The ca. 251 Ma Permian/Triassic boundary (PTB) records the largest biotic catastrophe in the Phanerozoic. A considerable amount of work for the PTB event has been done on the Tethyan platforms and peri -Pangean shelves, and some possible causes have been proposed to explain the extinction event: oceanic anoxia, meteorite impact, flood basalt volcanism and global warming. Sano et al. (2010, 2012) reported the stratigraphic variations of TOC, $\delta^{13}C_{org}$ and the number of Permian radiolarian species in the PTB siliceous rock section of the Mino Belt, central Japan, and inferred that a reducing condition in the deep Panthalassic Ocean at the PTB. In this study, we examined the geochemical and mineral compositions of the exactly the same sections of Sano et al. (2010, 2012).
The study sections, namely NF1212F and NF195, consist of Upper Permian chert (Changshingian) and Lower Triassic (Induan) black claystone intermittently with thin chert beds. A total 81 clatstone samples were obtained from the NF1212F and NF195 sections. Powder x-ray diffraction (XRD) analysis shows that the claystones below the PTB contained quartz, magnetite, illite and chlorite, while all the claystone above the boundary only contained quartz and illite. The results of XRF and ICP-MS analysis revealed that redox-sensitive trace-element (vanadium [V], chromium [Cr], molybdenum [Mo], and uranium [U]) increase in the uppermost Permian chert beds. The increasing trend in Mo/U ratio from 150 cm to 25 cm below the PTB indicates shift from anoxic to euxinic conditions. This trend suggests that strong reducing conditions developed just before the end-Permian mass extinction.

キーワード：ペルム紀/ 三畳紀境界、層状チャート、美濃帯、パンサラッサ海、海洋無酸素
Keywords: Permian/ Triassic boundary, bedded chert, Mino belt, Panthalassic ocean, ocean anoxia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2]
*HISASHI ASANUMA[1], Yusuke Sawaki[1], Shigenori Maruyama[2]

1. 東京大学、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. The University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

The Mona Complex in Anglesey-Lleyn records a Precambrian subduction-accretion orogeny on the Avalonian margin. It contains an accreted remnant of an oceanic crust and calc-alkaline igneous and high-pressure metamorphic rocks. Their geochronological study plays a key role in comprehension of geotectonic evolution of the Avalonian subduction system. Therefore, we have conducted U-Pb dating of detrital zircons from volcano-sedimentary rocks in the Monian Supergroup, and then K-Ar dating of white micas from pelitic and mafic schists in the Blueschist unit, the Central Shear Zone, and the New Harbour Group. Our new chronological dataset leads to re-interpretation of Anglesey-Lleyn geotectonic framework in terms of a younger analogue of comparable blueschist belts and accretionary orogens in Japan and California.
The evidences of arc-related magmatism are widely distributed in Wales and Central England, and they date back to 760 Ma. Age data of calc-alkaline granites suggest that the Avalonian subduction and its arc-related magmatism had already started by 711–677 Ma. In the period of main arc magmatism (616–555 Ma), a subduction-related accretion of the Gwna Group sediments started (by 578 Ma) on an active margin of Avalonia. Its accretion likely continued to 530 Ma. Moreover, metamorphic rocks of the Blueschist unit and the Central Shear Zone were exhumed from different crustal depths in the interval 578–530 Ma. Afterwards, sedimentation of the New Harbour and South Stack Groups occurred at < 515 ±13 Ma and < 501 ±10 Ma. Sediments of the New Harbour and South Stack Groups were finally accreted underneath the base of the Gwna Group at the accretionary wedge. The greenschist facies metamorphism of the New Harbour Group at 474 Ma constrains its minimum depositional age. In a larger perspective, our new ages are broadly contemporaneous with the calc-alkaline continental arc magmatism in NW Wales and Central England that formed by successive eastward subduction from 711 to 474 Ma.

キーワード：アバロニア、アングレシー・スリン地域、太平洋型造山運動
Keywords: Avalonia, Anglesey-Lleyn, Pacific-type orogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1]
*Yusuke Sawaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科
1. The University of Tokyo

The Ediacaran period records one of the most dramatic biological episodes in Earth’ s history. To decipher surface environmental changes occurring in the Ediacaran, a variety of geochemical proxies have been reported by a number of studies. Ediacaran sedimentary rocks in South China figure prominently in such studies, because they are fossiliferous and accumulated at various depositional settings from shallow marine to deep basin. Recent extensive geochemical works for the Doushantuo Formation in South China demonstrate that $\delta^{13}C$ values of carbonate were variable depending on the depositional settings. In order to test whether the difference reflect spacial or temporal variation, I focus on $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio as a chemostratigraphic tool. However, the existing $^{87}Sr/^{86}Sr$ values are limited to shallow marine deposits, which leaves ambiguity in a variation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in outer ocean. Our group conducted on-land drilling at Siduping and Tianping sections in South China to obtain completely continuous sedimentary rocks deposited at slope facies. We newly report stratigraphic profiles of the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios at the sections. $^{87}Sr/^{86}Sr$ chemostratigraphy demonstrated some diachronous natures of $\delta^{13}C$ within the Doushantuo Formation. The enhanced continental weathering during Gaskiers glaciation likely promoted bacterial sulfate reduction and aerobic respiration of organic matter. These resulted in low $\delta^{13}C$ values of dissolved inorganic carbon and accumulations of phosphate and dissolved CO_2 species in seawater, and eventually induced the deposition of phosphorites at the shelf margin. High $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios during the largest negative $\delta^{13}C$ anomaly in the Ediacaran can be also recognized in the continental slope sediment. This fact supports that globally high continental weathering rate led to massive remineralization of organic matter and a consequent significant negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursion.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)

In order to predict the intensity development of severe weather, lightning and thunderstorm are markers of severe weather, often accompanied by precipitation, hail and strong winds that can create significant natural hazards, especially in disaster-prone area. Lightning is also a strong indicator of convection, and it becomes a key parameter to predict the intensity development of tropical cyclones (typhoons and hurricanes). As the climate warms in the first decades of the 21st century, the intensity and frequency of thunderstorms is projected to increase. The need for detecting and monitoring the development of thunderstorms and lightning activities on global, local, and regional scales is therefore clear and urgent.
This session seeks topics presenting new technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities. In addition, observational and theoretical contributions on thunderstorm microphysics and dynamics, convective systems and tropical storms are welcome. Present patterns and distributions of lightning and extreme weather events derived from the ground-based networks and satellites, as well as forecasts of future trends, are also of interest. Lightning detecting and monitoring system performance and validation, and early-warning schemes are requested, either in operational or planning phase. The session will also highlight regional and global lightning and atmospheric electricity networks and invite contributions on technological innovations in this field.

[MIS05-P01] 多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2] (1.足利大学、2.北海道大学)

[MIS05-P02] **Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model**

*Kittanapat Bandholnopparat[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Toru Adachi[3]、Masashi Kamogawa[5]、Yasuhiro Minamoto[5]、Akira Kadokura[6]、Tomoo Ushio[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan、4.Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan、5.Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

[MIS05-P03] A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院工学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MIS05-P04] Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4] (1.首都大学東京都市環境学部、2.足利大学工学部、3.東京学芸大学教育学部物理学科、4.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討
Study on monitoring of thunderstorm activity based on multiple electrostatic measurement

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2]
*Kozo Yamashita[1], Kakeru Kanno[1], Mitsuteru Sato[2], Yukihiro Takahashi[2]

1. 足利大学、2. 北海道大学
1. Ashikaga Univ., 2. Hokkaido Univ.

Quantitative evaluation of thundercloud activity is essential for early detection and short-term forecast of severe weather events such as heavy rainfall, lightning stroke, downburst, and so on. In previous researches, lightning observation based on electromagnetic measurement has been focused on as an effective tool for nowcast of thunderstorm activity. Advanced lightning sensors have high sensitivity and makes it possible to detect whole lightning activity. Lightning discharge occurs as a result of vertical atmospheric convection which causes thunderstorm. Preceding studies pointed that lighting occurrence could be an indicator of vertical deep convection in storm region and severe thunderstorm intensity.

Ground-based measurement of electrostatic field has been also considered as an efficient way to detect electrification in thundercloud and monitor development of severe storm. In preceding studies, multiple electrostatic measurement has been examined to estimate charge amount in cloud. One of the difficulties for those studies is to understand correlation between electrostatic field on ground and charges in horizontally extended thunderstorm. In this study, methodology for quantitative evaluation of charge amount in cloud is developed. We newly construct multipoint electrostatic sensor network in Tochigi, Japan. In this region, isolated thunderstorm whose horizontal scale is about 10 km occurs. By analyzing Isolated thunderstorm, we can simplify the correlation between ground-based electrostatic field and charge in cloud. In this presentation, initial result of electrostatic measurement with multiple sensors is summarized.

キーワード：雷雲、静電場、センサーネットワーク
Keywords: thunderstorm, electrostatic field, sensor network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model

*Kittanapat Bandholnopparat[1], Mitsuteru Sato[2], Yukihiro Takahashi[2], Toru Adachi[3], Masashi Kamogawa[5], Yasuhiro Minamoto[5], Akira Kadokura[6], Tomoo Ushio[4]

1. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan, 4. Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan, 5. Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan, 6. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan

Lightning and precipitation are the main current sources in the global atmospheric electric circuit (GEC). The lightning and precipitation currents maintain the electrical potential gap of ~250 kV between the ionosphere and the Earth’ s surface. However, the contribution of lightning current to the GEC is not well understood due to the difficulty of estimating the global occurrence number of intracloud (IC) discharges. In addition, it is difficult to quantitatively estimate the contribution of the global precipitation current to the GEC due to the difficulty of identifying the rain volume and its global distribution. The purposes of this study are to estimate the global occurrence number of IC discharges and to investigate the contribution of lightning and precipitation currents to the GEC. Firstly, the global Z-value map obtained by the JEM-GLIMS spaced-based mission and the cloud-to-ground (CG) lightning data obtained by the WWLLN were combined to estimate the occurrence number of the global IC discharges with the time resolution of 5 minutes and with the spatial resolution of 0.2º×0.2º. Then, the estimated occurrence number of the global IC and CG discharges and the precipitation data provided by the global precipitation measurement (GPM) project were used as the input parameters in a 3-dimensional model of the GEC, which we have newly developed. In this model, the average column resistance including the influence of the cloud coverage was assumed. Using this model, we estimated the total GEC current and the fair weather electric field at the Syowa station on March 16, July 20, and September 29, 2014. It is found that the average lightning and precipitation currents in the GEC were ~70 A and ~ 670 A, respectively. It is also found that the average fair weather electric field at the Syowa station is ~ 70 V/m. The absolute value of the estimated fair weather electric field is almost consistent with the observational data. From these results, the role of lightning current in the GEC is quantitatively evaluated, and we found that the upward current from thunderclouds to the ionosphere generated by lightning discharges is only 9% while that induced by the precipitation is ~91%.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]
*Masafumi Kanno[1], Hiroyo Ohya[2], Kazuo Shiokawa[3], Hiroyuki Nakata[2], Toshiaki Takano[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 千葉大学大学院工学研究科、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. Graduate School of Engineering, Chiba University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Locating accuracy for lightning discharges of world-wide lightning location (WWLLN) is high to be less than 10 km [Rodger et al., 2005], although the accuracy of horizontal propagation distance for tweek atmospherics is low to be ~60 km [Santolik and Kolmasova, 2017]. Tweek atmospherics are very low frequency (VLF)/extremely low frequency (ELF) waves radiated from lightning discharges, and propagate between the Earth surface and the bottom of the ionosphere for a long distance (several thousand kilometers). In this study, we improve the estimation method for the tweek propagation distance, and compare between the lightning location estimated from tweek propagation distance by intersection method with those from the WWLLN data and cloud images derived by the MTSAT-2 satellite. We used two wideband VLF data observed at Kagoshima (31.48˚N, 130.72˚E) and Moshiri (44.37˚N, 142.27˚E), Japan, at 12:20-12:22 UT, on 23 August, 2013. The main point of the improvement was modification for the width of window on dynamic spectra drawn by maximum entropy method. The accuracy of the estimation became higher and the error for the propagation distance became the half of the original estimation, by using narrow window for the beginning, and wide window for the end of the tweek signals. We estimated the lightning location by both automatic and manual methods. In the manual method, the estimated location of lightning for the two-minute data was in good agreement with thick clouds observed by the MTSAT-2 satellite. However, in the automatic method, the location of the lightning was in disagreement with cloud images, because the accuracy of triggered times were not sufficient due to overlapping tweeks or noises such like short pulses just before the tweeks. In the presentation, we discuss the estimation method for the lightning location in detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4]
*Jun-Ichi Hamada[1], Jun Matsumoto[1], Kozo Yamashita[2], Masashi Kamogawa[3], Yukihiro Takahashi[4]

1. 首都大学東京都市環境学部、2. 足利大学工学部、3. 東京学芸大学教育学部物理学科、4. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. Department of Engineering, Ashikaga University, 3. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

In order to monitor lightning activities and development of thunder cloud, we have established an observational network with electromagnetic and electrostatic field measurements over the Tokyo metropolitan area since 2016. In the summer season of 2018, we observed atmospheric electrostatic field with the electric field monitor (BOLTEK ELF-100) at Hachioji campus of Tokyo Metropolitan University and the surrounding area. Lightning activities were measured with ELV-VLF band radio observation system at a few sites in the area. We also used the worldwide lightning location network (WWLLN) data to indicate temporal and spatial variations of lightning and the climatological characteristics over the area. Lightning observations showed clear intra-seasonal variations of lightning activities over the area during the summer. Significant lightning events at around Hachioji were observed in 6th, 13th, and 27th of August as a synoptic frontal system located in the north from Kanto area. The electrostatic field measurement at Hachioji detected frequent lightning events and developing/approaching of thunder cloud near the site in these days. At the presentation, we will introduce more detail observation results on thunder cloud developments based on the XRAIN (eXtended RAdar Information Network) observation data.

This work was partly supported by Japan Science and Technology Agency (JST) and Japan International Cooperation Agency (JICA) under SATREPS.

キーワード：雷、豪雨
Keywords: Lightning, Heavy rainfall

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_42

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)

In order to predict the intensity development of severe weather, lightning and thunderstorm are markers of severe weather, often accompanied by precipitation, hail and strong winds that can create significant natural hazards, especially in disaster-prone area. Lightning is also a strong indicator of convection, and it becomes a key parameter to predict the intensity development of tropical cyclones (typhoons and hurricanes). As the climate warms in the first decades of the 21st century, the intensity and frequency of thunderstorms is projected to increase. The need for detecting and monitoring the development of thunderstorms and lightning activities on global, local, and regional scales is therefore clear and urgent.
This session seeks topics presenting new technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities. In addition, observational and theoretical contributions on thunderstorm microphysics and dynamics, convective systems and tropical storms are welcome. Present patterns and distributions of lightning and extreme weather events derived from the ground-based networks and satellites, as well as forecasts of future trends, are also of interest. Lightning detecting and monitoring system performance and validation, and early-warning schemes are requested, either in operational or planning phase. The session will also highlight regional and global lightning and atmospheric electricity networks and invite contributions on technological innovations in this field.

[MIS05-P01] 多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2] (1.足利大学、2.北海道大学)

[MIS05-P02] **Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model**

*Kittanapat Bandholnopparat[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Toru Adachi[3]、Masashi Kamogawa[5]、Yasuhiro Minamoto[5]、Akira Kadokura[6]、Tomoo Ushio[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan、4.Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan、5.Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan、6.National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan)

[MIS05-P03] A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.千葉大学大学院工学研究科、3.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MIS05-P04] Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4] (1.首都大学東京都市環境学部、2.足利大学工学部、3.東京学芸大学教育学部物理学科、4.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

多点静電場計測に基づいた雷雲活動監視の検討
Study on monitoring of thunderstorm activity based on multiple electrostatic measurement

*山下 幸三[1]、菅野 翔[1]、佐藤 光輝[2]、高橋 幸弘[2]
*Kozo Yamashita[1], Kakeru Kanno[1], Mitsuteru Sato[2], Yukihiro Takahashi[2]

1. 足利大学、2. 北海道大学
1. Ashikaga Univ., 2. Hokkaido Univ.

Quantitative evaluation of thundercloud activity is essential for early detection and short-term forecast of severe weather events such as heavy rainfall, lightning stroke, downburst, and so on. In previous researches, lightning observation based on electromagnetic measurement has been focused on as an effective tool for nowcast of thunderstorm activity. Advanced lightning sensors have high sensitivity and makes it possible to detect whole lightning activity. Lightning discharge occurs as a result of vertical atmospheric convection which causes thunderstorm. Preceding studies pointed that lighting occurrence could be an indicator of vertical deep convection in storm region and severe thunderstorm intensity.

Ground-based measurement of electrostatic field has been also considered as an efficient way to detect electrification in thundercloud and monitor development of severe storm. In preceding studies, multiple electrostatic measurement has been examined to estimate charge amount in cloud. One of the difficulties for those studies is to understand correlation between electrostatic field on ground and charges in horizontally extended thunderstorm. In this study, methodology for quantitative evaluation of charge amount in cloud is developed. We newly construct multipoint electrostatic sensor network in Tochigi, Japan. In this region, isolated thunderstorm whose horizontal scale is about 10 km occurs. By analyzing Isolated thunderstorm, we can simplify the correlation between ground-based electrostatic field and charge in cloud. In this presentation, initial result of electrostatic measurement with multiple sensors is summarized.

キーワード：雷雲、静電場、センサーネットワーク
Keywords: thunderstorm, electrostatic field, sensor network

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Contribution of Rainfall and Lightning Activities to the Fair Weather Electric Field Evaluated by 3D GEC Model

*Kittanapat Bandholnopparat[1], Mitsuteru Sato[2], Yukihiro Takahashi[2], Toru Adachi[3], Masashi Kamogawa[5], Yasuhiro Minamoto[5], Akira Kadokura[6], Tomoo Ushio[4]

1. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan, 4. Department of Aerospace Engineering, Tokyo Metropolitan University, Hino, Japan, 5. Tokyo Gakugei University, Tokyo, Japan, 6. National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan

Lightning and precipitation are the main current sources in the global atmospheric electric circuit (GEC). The lightning and precipitation currents maintain the electrical potential gap of ~250 kV between the ionosphere and the Earth’ s surface. However, the contribution of lightning current to the GEC is not well understood due to the difficulty of estimating the global occurrence number of intracloud (IC) discharges. In addition, it is difficult to quantitatively estimate the contribution of the global precipitation current to the GEC due to the difficulty of identifying the rain volume and its global distribution. The purposes of this study are to estimate the global occurrence number of IC discharges and to investigate the contribution of lightning and precipitation currents to the GEC. Firstly, the global Z-value map obtained by the JEM-GLIMS spaced-based mission and the cloud-to-ground (CG) lightning data obtained by the WWLLN were combined to estimate the occurrence number of the global IC discharges with the time resolution of 5 minutes and with the spatial resolution of 0.2º×0.2º. Then, the estimated occurrence number of the global IC and CG discharges and the precipitation data provided by the global precipitation measurement (GPM) project were used as the input parameters in a 3-dimensional model of the GEC, which we have newly developed. In this model, the average column resistance including the influence of the cloud coverage was assumed. Using this model, we estimated the total GEC current and the fair weather electric field at the Syowa station on March 16, July 20, and September 29, 2014. It is found that the average lightning and precipitation currents in the GEC were ~70 A and ~ 670 A, respectively. It is also found that the average fair weather electric field at the Syowa station is ~ 70 V/m. The absolute value of the estimated fair weather electric field is almost consistent with the observational data. From these results, the role of lightning current in the GEC is quantitatively evaluated, and we found that the upward current from thunderclouds to the ionosphere generated by lightning discharges is only 9% while that induced by the precipitation is ~91%.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A method for locating lightning discharges using tweek atmospherics

*菅野 将史[1]、大矢 浩代[2]、塩川 和夫[3]、中田 裕之[2]、鷹野 敏明[2]
*Masafumi Kanno[1], Hiroyo Ohya[2], Kazuo Shiokawa[3], Hiroyuki Nakata[2], Toshiaki Takano[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 千葉大学大学院工学研究科、3. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University, 2. Graduate School of Engineering, Chiba University, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Locating accuracy for lightning discharges of world-wide lightning location (WWLLN) is high to be less than 10 km [Rodger et al., 2005], although the accuracy of horizontal propagation distance for tweek atmospherics is low to be ~60 km [Santolik and Kolmasova, 2017]. Tweek atmospherics are very low frequency (VLF)/extremely low frequency (ELF) waves radiated from lightning discharges, and propagate between the Earth surface and the bottom of the ionosphere for a long distance (several thousand kilometers). In this study, we improve the estimation method for the tweek propagation distance, and compare between the lightning location estimated from tweek propagation distance by intersection method with those from the WWLLN data and cloud images derived by the MTSAT-2 satellite. We used two wideband VLF data observed at Kagoshima (31.48˚N, 130.72˚E) and Moshiri (44.37˚N, 142.27˚E), Japan, at 12:20-12:22 UT, on 23 August, 2013. The main point of the improvement was modification for the width of window on dynamic spectra drawn by maximum entropy method. The accuracy of the estimation became higher and the error for the propagation distance became the half of the original estimation, by using narrow window for the beginning, and wide window for the end of the tweek signals. We estimated the lightning location by both automatic and manual methods. In the manual method, the estimated location of lightning for the two-minute data was in good agreement with thick clouds observed by the MTSAT-2 satellite. However, in the automatic method, the location of the lightning was in disagreement with cloud images, because the accuracy of triggered times were not sufficient due to overlapping tweeks or noises such like short pulses just before the tweeks. In the presentation, we discuss the estimation method for the lightning location in detail.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monitoring for lightning activities and thunder cloud development over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer

*浜田 純一[1]、松本 淳[1]、山下 幸三[2]、鴨川 仁[3]、高橋 幸弘[4]
*Jun-Ichi Hamada[1], Jun Matsumoto[1], Kozo Yamashita[2], Masashi Kamogawa[3], Yukihiro Takahashi[4]

1. 首都大学東京都市環境学部、2. 足利大学工学部、3. 東京学芸大学教育学部物理学科、4. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2. Department of Engineering, Ashikaga University, 3. Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

In order to monitor lightning activities and development of thunder cloud, we have established an observational network with electromagnetic and electrostatic field measurements over the Tokyo metropolitan area since 2016. In the summer season of 2018, we observed atmospheric electrostatic field with the electric field monitor (BOLTEK ELF-100) at Hachioji campus of Tokyo Metropolitan University and the surrounding area. Lightning activities were measured with ELV-VLF band radio observation system at a few sites in the area. We also used the worldwide lightning location network (WWLLN) data to indicate temporal and spatial variations of lightning and the climatological characteristics over the area. Lightning observations showed clear intra-seasonal variations of lightning activities over the area during the summer. Significant lightning events at around Hachioji were observed in 6th, 13th, and 27th of August as a synoptic frontal system located in the north from Kanto area. The electrostatic field measurement at Hachioji detected frequent lightning events and developing/approaching of thunder cloud near the site in these days. At the presentation, we will introduce more detail observation results on thunder cloud developments based on the XRAIN (eXtended RAdar Information Network) observation data.

This work was partly supported by Japan Science and Technology Agency (JST) and Japan International Cooperation Agency (JICA) under SATREPS.

キーワード：雷、豪雨
Keywords: Lightning, Heavy rainfall

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 101 1F

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)、座長:佐藤 光輝(北海道大学)、山下 幸三(足利工業大学工学部)

In order to predict the intensity development of severe weather, lightning and thunderstorm are markers of severe weather, often accompanied by precipitation, hail and strong winds that can create significant natural hazards, especially in disaster-prone area. Lightning is also a strong indicator of convection, and it becomes a key parameter to predict the intensity development of tropical cyclones (typhoons and hurricanes). As the climate warms in the first decades of the 21st century, the intensity and frequency of thunderstorms is projected to increase. The need for detecting and monitoring the development of thunderstorms and lightning activities on global, local, and regional scales is therefore clear and urgent.
This session seeks topics presenting new technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities. In addition, observational and theoretical contributions on thunderstorm microphysics and dynamics, convective systems and tropical storms are welcome. Present patterns and distributions of lightning and extreme weather events derived from the ground-based networks and satellites, as well as forecasts of future trends, are also of interest. Lightning detecting and monitoring system performance and validation, and early-warning schemes are requested, either in operational or planning phase. The session will also highlight regional and global lightning and atmospheric electricity networks and invite contributions on technological innovations in this field.

13:45 ~ 14:00

[MIS05-01] Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms by the system of micro-satellites and ground-based lightning sensors

*高橋 幸弘[4,1]、佐藤 光輝[1,4]、久保田 尚之[4]、山下 幸三[2]、石田 哲朗[4]、Castro Ellison[3]、プルワディ プルワディ[1]、坪木 和久[5]、山田 広幸[6]、篠田 太郎[5]、Estrebillo Loren Joy[1]、Pulutan Doreena Karmina[1] (1.北海道大学・大学院理学院、2.足利大学・工学部、3.フィリピン大学ディリマン校、4.北海道大学・大学院理学研究院、5.名古屋大学・宇宙地球環境研究所、6.琉球大学)

14:00 ~ 14:15

[MIS05-02] Towards the Implementation of the Understanding Lightning and Thunderstorms for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project

★Invited Papers

*Glenn Vincent C. Lopez[1] (1.Advanced Science and Technology Institute)

14:15 ~ 14:30

[MIS05-03] Airborne observation of Super Typhoon Trami in 2018 for understanding the intensity of tropical cyclone in the Philippine Sea

★Invited Papers

*久保田 尚之[1]、坪木 和久[2]、山田 広幸[3]、高橋 幸弘[1]、篠田 太郎[2]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、伊藤 耕介[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、佐藤 光輝[1] (1.北海道大学、2.名古屋大学、3.琉球大学、4.防災科学研究所、5.気象研究所、6.明星電気)

14:30 ~ 14:45

[MIS05-04] Relation between Lightning and Typhoon Activities (Typhoon LAN) in the Western Pacific Region

*佐藤 光輝[1]、高橋 幸弘[1]、久保田 尚之[1]、山下 幸三[2]、浜田 純一[3]、Marciano Joel[4] (1.北海道大学 大学院理学研究院、2.足利大学 工学部、3.首都大学東京 都市環境学部、4.先端科学技術研究所)

14:45 ~ 15:00

[MIS05-05] Infrasound multi-site observation of thunders 3: preparation process for SATREPS
★Invited Papers

*山本 真行[1] (1.高知工科大学　システム工学群)

15:00 ~ 15:15

[MIS05-06] Data Acquisition System for an Infrasound Network for Thunderstorm Monitoring

*Doreena Karmina Abril Pulutan[1]、Yukihiro Takahashi[1]、Mitsuteru Sato[1]、Hisayuki Kubota[1]、Kozo Yamashita[2]、Masa-yuki Yamamoto[3] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University、2.Department of Engineering, Ashikaga University、3.Department of Systems Engineering, Kochi University of Technology)

Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms by the system of micro-satellites and ground-based lightning sensors

*高橋 幸弘[4,1]、佐藤 光輝[1,4]、久保田 尚之[4]、山下 幸三[2]、石田 哲朗[4]、Castro Ellison[3]、プルワディ プルワディ[1]、坪木 和久[5]、山田 広幸[6]、篠田 太郎[5]、Estrebillo Loren Joy[1]、Pulutan Doreena Karmina[1]

*Yukihiro Takahashi[4,1], Mitsuteru Sato[1,4], Hisayuki Kubota[4], Kozo Yamashita[2], Tetsuro Ishida[4], Ellison Caparas Castro[3], Purwadi Purwadi[1], Kazuhisa Tsuboki[5], Hiroyuki Yamada[6], Taro Shinoda[5], Loren Joy De Vera Estrebillo[1], Doreena Karmina Abril Pulutan[1]

1. 北海道大学・大学院理学院、2. 足利大学・工学部、3. フィリピン大学ディリマン校、4. 北海道大学・大学院理学研究院、5. 名古屋大学・宇宙地球環境研究所、6. 琉球大学
1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Department of Engineering, Ashikaga University, 3. University of the Philippines, Diliman, 4. Faculty of Science, Hokkaido University, 5. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University, 6. University of the Ryukyus

We are conducting a SATREPS project “ULAT” and e-ASIA project for the development of extreme weather, including typhoon and individual thunderstorm, monitoring and alert system in the Philippines in 2017-2021 under international cooperation among Japan, Philippines, Indonesia and other SE-Asian countries supported by JST, JICA, PHL-Microsat and other funds. It is well known that intensification of lightning activity is precursor of typhoon growth as well as an indicator of individual thunderstorm activity. In these projects, we apply two new technologies, that is, the lightning activity estimated by the ground-based lightning networks with 12 sites for VLF radio wave measurement in nation-wide of Philippines and with 50 sites for electrostatic field measurement in Metro Manila together with infrasound sensor and automated weather station, and the 3 dimensional capturing of thunderstorms by the on-demand operation of 50-kg micro-satellites, including the Philippine-developed DIWATA-1 and 2, RISESAT, etc. Also few more lightning stations installed in Indonesia and Japan are used. We plan to establish a new methodology to obtain very detail semi-real time information of typhoon and thunderstorm activities that cannot be achieved only with conventional observational equipment. Based on these new observations together with advanced radar measurements and drop/radio sondes campaigns, we will try to construct the cutting-edge observation system to monitor the development of typhoons and thunderstorms, which may greatly contribute to the prediction of disasters and the public alerting system.

By the end of March 2017 we started the test observation for lightning at Quezon city, Philippines, Palau and Guam, forming the network for typhoons. We also succeeded in making 3-D cloud structure with telescope and wide angle spectral camera onboard DIWATA-1, achieving high resolution of ten to several meters. Now we are establishing the real-time target pointing operation with micro-satellites based on the last-minute lightning data measured by ground networks. Adding to DIWATA-1, three more our satellites, namely, RISESAT, MicroDragon and DIWATA-2 with advanced cameras will be used in 2018-2019. In September 2018, drop sonde campaign using aircraft in the eastside of Philippines was carried out under collaboration with Nagoya University team. Here we introduce the latest results of 3-D cloud modeling using images taken by satellite and on the ground together with preliminary lightning analysis, adding to the outline of the project.

キーワード：雷放電、超小型衛星、台風、雷雲

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: lightning, micro-satellite, typhoon, thunderstorm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Towards the Implementation of the Understanding Lightning and Thunderstorms for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project

*Glenn Vincent C. Lopez[1]

1. Advanced Science and Technology Institute

Monitoring and understanding thunderstorms are key components of mitigating the effects of torrential rainfall and typhoons. The Philippines, where year-round numerous thunderstorms are experienced, the integration of lightning data has the potential to provide short term forecasts of thunderstorms, further meteorological studies, and supplement disaster risk response strategies.

This presents the activities and updates on the Understanding Lightning and Thunderstorm for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project. The ULAT Project aims to deploy a highly dense lightning detection network scattered throughout Metro Manila to gather, analyze, and archive lightning data in order to provide thunderstorm “now-casting” and supplement weather-related research and disaster response strategies.

To enable the study of the correlation between lightning activity and localized severe weather disturbances (such as thunderstorms), the Japan International Cooperation Agency (JICA) and Hokkaido University through the Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS) Program has partnered with the Department of Science and Technology Institute through the Advanced Science and Technology Institute to develop local expertise and build relevant lighting monitoring infrastructure in the Philippines.

This presents the activities and updates on the Understanding Lightning and Thunderstorm for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project. The ULAT Project is aimed at the following: a) establishment of a dense network of lightning and weather devices in Metro Manila and nearby municipalities to a) establish of a dense network of lightning and weather devices in the Philippines in order to provide thunderstorm “now-casting” and supplement weather-related research and disaster response studies and strategies; b) establishment of a ground receiving station for direct reception of satellite imagery and utilizing existing ground receiving facilities to develop effective observation methods by comparing to compare 3D structures of thunderclouds from satellite images with lightning/precipitation data; c) establishment of a methodology for short term forecasts; and d) development of software for sharing information on short term forecast weather to concerned agencies.

To further meet the goals of the project, there are challenges during the implementation of the project activities that needs to be addressed in the areas of equipment security, public safety, partnership agreements, site identification and selection, logistics, process, etc. The encountered challenges, alongside with their corresponding solutions, recommendations, next steps and other plans relevant to the project will be also discussed during the meeting.

Keywords: Understanding Lightning and Thunderstorms for Extreme Weather Monitoring and Information Sharing in the Philippines (ULAT) Project, Advanced Science and Technology and Institute (ASTI)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Airborne observation of Super Typhoon Trami in 2018 for understanding the intensity of tropical cyclone in the Philippine Sea

*久保田 尚之[1]、坪木 和久[2]、山田 広幸[3]、高橋 幸弘[1]、篠田 太郎[2]、大東 忠保[4]、山口 宗彦[5]、伊藤 耕介[3]、中澤 哲夫[5]、長浜 則夫[6]、清水 健作[6]、佐藤 光輝[1]
*Hisayuki Kubota[1], Kazuhisa Tsuboki[2], Hiroyuki Yamada[3], Yukihiro Takahashi[1], Taro Shinoda[2], Tadayasu Ohigashi[4], Munehiko Yamaguchi[5], Kosuke Ito[3], Tetsuo Nakazawa[5], Norio Nagahama[6], Kensaku Shimizu[6], Mitsuteru Sato[1]

1. 北海道大学、2. 名古屋大学、3. 琉球大学、4. 防災科学研究所、5. 気象研究所、6. 明星電気
1. Hokkaido University, 2. Nagoya University, 3. University of the Ryukyus, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Meteorological Research Institute, 6. Meisei Electronic

Airborne observation of tropical cyclone (TC) had been conducted until 1987 over the western north Pacific region to measure the TC intensity directly. After that TC intensity was estimated by Dvorak technique using satellite data. Here we conducted dropsonde observation by the aircraft in 2018 under the two projects of T-PARCII (Tropical Cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts) and ULAT (Understanding Lightning and Thunderstorm) of SATREPS (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development) in the Philippines and penetrated the eye of Super Typhoon Trami during Sep. 25 to 28. TC Trami reached its mature stage when we observed on Sep. 25. The structure of sharp eyewall and warm core in the eye were observed. On the other hand, the intensity of TC was weakened when we observed on the following day. We need to capture the signal of intensification and decay of TC by combining multiple observations for understanding the structure for a short term forecast of tropical cyclone intensity.

キーワード：台風、航空機観測、ドロップゾンデ観測
Keywords: Tropical cyclone, Airborne observation, Dropsonde observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Relation between Lightning and Typhoon Activities (Typhoon LAN) in the Western Pacific Region

*佐藤 光輝[1]、高橋 幸弘[1]、久保田 尚之[1]、山下 幸三[2]、浜田 純一[3]、Marciano Joel[4]
*Mitsuteru Sato[1], Yukihiro Takahashi[1], Hisayuki Kubota[1], Kozo Yamashita[2], Jun-Ichi Hamada[3], Joel J. Marciano[4]

1. 北海道大学 大学院理学研究院、2. 足利大学 工学部、3. 首都大学東京 都市環境学部、4. 先端科学技術研究所
1. Department of Cosmoscience, Hokkaido University, 2. Department of Engineering, Ashikaga University, 3. Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 4. ASTI, DOST

Recent studies revealed that there is a close relation between the lightning activity and the tropical cyclone intensity, such as the maximum wind velocity and the minimum surface pressure. As many countries in the western Pacific region suffer from the attack of many tropical cyclones (typhoons) and related severe weather events, they have a strong demand to predict the intensity development of these phenomena by means of a cost-effective way. Thus, we started installing the new lightning and weather observation system, named as V-POTEKA, at Guam, Palau, and Manila in the Philippines since September 2017. The lightning observation system consists of a VLF receiver having the sensitivity in the frequency range of 1-5 kHz, an automatic data-processing unit, solar panels, and batteries. Lightning-excited pulse signals detected by the VLF receiver are automatically analyzed by the data-processing unit, and only the extracted information of the trigger time and the pulse amplitude is transmitted to the data server via the 3G data communications. From the V-POTEKA data analysis, we confirmed that there is clear relation between the lightning occurrence number in the typhoon and the maximum wind speed of Typhoon LAN, which is the category-1 weak typhoon. There is ~12-18 h time difference between the peak lightning occurrence number and peak typhoon intensity. At the presentation, we will show the results derived from these lightning observation systems and will present the relation between lightning and typhoon activities more in detail.

キーワード：雷放電活動、台風、直前予測
Keywords: lightning activity, typhoon, intensity prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Infrasound multi-site observation of thunders 3: preparation process for SATREPS

*山本 真行[1]
*Masa-yuki Yamamoto[1]

1. 高知工科大学　システム工学群
1. Department of systems engineering, Kochi University of Technology

Infrasound, low-frequency sound of 20 Hz or less, is considered as one of the remote-sensing method of lightning/thunders. Sensor network to be deployed for a SATREPS project, Philippine, is planned in Manila region in early 2019. Here, we will deploy two types of infrasound sensors. Small but impulsive pressure changes caused by the rapid expansion of the heated plasma along the path of lightning strikes can be detected by infrasound sensors with higher sensitivity range of 1 mPa. Thus, we will use multiple film type (DC type) infrasound sensor for low frequency measurements. But for the thunder infrasound signals, lower-cost microphone type (AC type) sensors can be applied for measurements. Thus, we will mainly use many microphone type infrasound sensors in Metro Manila region.
For calibrating the both sensors, in order to evaluate precise pressure level as well as detectable frequency range, we used a chamber with a pushing/pulling mechanism on it. The infrasound multi-site observation can reveal the lightning activities as close as 100 m scale when the infrasound sensors can be installed with a mesh of 10 km scale or shorter by using the speed of sound as a precise remote-sensing scale. Recently, we also checked capability of remote-sensing in Fukui area and Kanazawa area by using real thunder signals with some other methods to compare.
In this talk, we will introduce a possibility of infrasonic remote-sensing and its calibration phase, in order to realize future disaster-mitigation studies.

キーワード：インフラサウンド、較正、遠隔観測
Keywords: Infrasound, Calibration, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data Acquisition System for an Infrasound Network for Thunderstorm Monitoring

*Doreena Karmina Abril Pulutan[1], Yukihiro Takahashi[1], Mitsuteru Sato[1], Hisayuki Kubota[1], Kozo Yamashita[2], Masa-yuki Yamamoto[3]

1. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, 2. Department of Engineering, Ashikaga University, 3. Department of Systems Engineering, Kochi University of Technology

Inside a thunderstorm, an updraft pushes ice crystals with positive charge to the top, while a downdraft pushes hailstones with negative charge to the bottom. This charge separation results in lightning. While the electric charge and peak current in lightning events have been extensively studied, they do not indicate the strength of the atmospheric convection that produces thunderstorms. Another parameter, the electrical energy from lightning, has not been thoroughly explored. We will look at the electrical energy from lightning as a possible indicator of the strength of a developing thunderstorm. Electrical energy, however, has not been clearly linked to the peak current of a lightning event. Thus, we cannot rely on peak current measurements to estimate electrical energy. Infrasound emitted by thunderstorms might be a possible way to estimate the electrical energy in lightning events. Microphones can be used to detect infrasound. This work will discuss the development of a data acquisition system that will be used to record and transmit sampled infrasonic data from microphones. This work is being undertaken under the SATREPS/ULAT Project.

Keywords: data acquisition, thunderstorm, lightning, energy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 101 1F

[M-IS05] New technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities

コンビーナ:佐藤 光輝(北海道大学 大学院理学研究院)、高橋 幸弘(北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻)、久保田 尚之(北海道大学)、山下 幸三(足利大学工学部)、座長:高橋 幸弘(北海道大学)、久保田 尚之(北海道大学 大学院理学研究院)

In order to predict the intensity development of severe weather, lightning and thunderstorm are markers of severe weather, often accompanied by precipitation, hail and strong winds that can create significant natural hazards, especially in disaster-prone area. Lightning is also a strong indicator of convection, and it becomes a key parameter to predict the intensity development of tropical cyclones (typhoons and hurricanes). As the climate warms in the first decades of the 21st century, the intensity and frequency of thunderstorms is projected to increase. The need for detecting and monitoring the development of thunderstorms and lightning activities on global, local, and regional scales is therefore clear and urgent.
This session seeks topics presenting new technologies to monitor thunderstorm and severe weather activities. In addition, observational and theoretical contributions on thunderstorm microphysics and dynamics, convective systems and tropical storms are welcome. Present patterns and distributions of lightning and extreme weather events derived from the ground-based networks and satellites, as well as forecasts of future trends, are also of interest. Lightning detecting and monitoring system performance and validation, and early-warning schemes are requested, either in operational or planning phase. The session will also highlight regional and global lightning and atmospheric electricity networks and invite contributions on technological innovations in this field.

15:30 ~ 15:45

[MIS05-07] Estimation of Lightning Location Using V-POTEKA Lightning Observation Network

*Loren Joy De Vera Estrebillo[1]、Mitsuteru Sato[2]、Yukihiro Takahashi[2]、Hisayuki Kubota[2]、Kozo Yamashita[3]、Junichi Hamada[4]、Joel Marciano[5] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University、2.Faculty of Science, Hokkaido University、3.Faculty of Engineering, Ashikaga University、4.Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University、5.ASTI/DOST)

15:45 ~ 16:00

[MIS05-08] **Observation system for thunderstorm development using ground lightning detection network and thermal infrared camera onboard satellite LAPAN-A4 in Indonesia**

*Purwadi Purwadi[1,2]、Yukihiro Takahashi[1]、Mitsuteru Sato[1]、Kozo Yamashita[3]、M. Arif Saifudin[4] (1.Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo 0600810, Japan、2.Agency for Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta 10340, Indonesia、3.Department of Technology, Ashikaga Institute of Technology, Tochigi 3268558, Japan、4.Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Jawa Barat 16310, Indonesia)

16:00 ~ 16:15

[MIS05-09] Remote Sensing Water Quality Determination using Multi-spectral Analysis

*Ahmad Shaqeer Mohamed Thaheer[1]、Yukihiro Takahashi[1] (1.Hokkaido University)

16:15 ~ 16:30

[MIS05-10] Study of cloud effects on atmospheric electric field during lightning activities and snowfall using the 95-GHz cloud radar FALCON-I

★Invited Papers

*大矢 浩代[1]、中森 広太[1]、鴨川 仁[2]、鈴木 智幸[2]、鷹野 敏明[1]、諸富 和臣[3]、中田 裕之[1]、塩川 和夫[4] (1.千葉大学大学院工学研究院、2.東京学芸大学、3.日本無線株式会社、4.名古屋大学)

16:30 ~ 16:45

[MIS05-11] Preferred environmental conditions of precipitation systems in and around Bangladesh observed by ground-based radars

★Invited Papers

*村田 文絵[1]、東 修平[2]、寺尾 徹[3]、Hassan Quamrul[4] (1.高知大学理工学部、2.高知大学理学部、3.香川大学教育学部、4.バングラデシュ気象局)

16:45 ~ 17:00

[MIS05-12] 雷ガンマ線観測：2018年度における冬の柏崎でのコリメータ付きガンマ線検出器の観測結果と夏の東京スカイツリーでの観測の試み

★招待講演

*中澤 知洋[1]、松元 崇弘[2]、和田 有希[2]、Fabiani Alexia[1]、榎戸 輝揚[3]、奥田 和史[2]、古田 禄大[4]、會澤 優輝[2]、湯浅 孝行[5]、土屋 晴文[4]、佐藤 光輝[6]、牧島 一夫[7] (1.名古屋大学、2.東京大学、3.京都大学、4.日本原子力研究開発機構、5.理化学研究所、6.北海道大学、7.東京大学 Kalvi IPMU)

Estimation of Lightning Location Using V-POTEKA Lightning Observation Network

*Loren Joy De Vera Estrebillo[1], Mitsuteru Sato[2], Yukihiro Takahashi[2], Hisayuki Kubota[2], Kozo Yamashita[3], Junichi Hamada[4], Joel Marciano[5]

1. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Faculty of Engineering, Ashikaga University, 4. Graduate School of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 5. ASTI/DOST

The Philippines is one of the most disaster-hit countries in the world. Its location in the western North Pacific (WNP) subjects it to numerous tropical cyclones (TC) each year that pose risk to lives, properties and infrastructures. There has been a significant development in the accuracy of TC track forecast that cross and/or make landfall within the Philippine Area of Responsibility (PAR) over the years with the use of ground-based synoptic observations, weather radars, and meteorological satellites. However, prediction of TC intensity remains a significant challenge. Lightning activity is an indicator of the dynamics and microphysics in thunderstorms, as well as severe weather phenomena, such as TCs and torrential rainfall among others. Recent studies suggest that lightning activity in tropical cyclones can give predictive information about its intensity development. Thus, a ground-based lightning observation system (V-POTEKA) has been developed, and it has been installed at three stations in the Philippines, Guam, and Palau to continuously monitor lightning activity in the WNP region since September 2017. The V-POTEKA system uses an event-trigger method that detects radio wave pulses from lightning discharges in the very low frequency (VLF) range of 1-50 kHz. It also consists of an automatic weather station (AWS), VLF sensors, and an automatic data-processing unit. The V-POTEKA system analyzes lightning data, extracts pertinent information, i.e., peak amplitude and time of the triggered waveform, and transmits data to a server through 3G communication. A geolocation software using the time-of-arrival method is being developed using the 3 sites along the WNP region. Further analysis will be conducted by incorporating data from other stations (Sapporo, Japan and Los Banos, Philippines), and an improved geolocation software will be used to investigate the relationship between the lightning activity and typhoon intensification during the dropsonde observation campaign conducted in September 2018.

Keywords: lightning location, V-POTEKA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation system for thunderstorm development using ground lightning detection network and thermal infrared camera onboard satellite LAPAN-A4 in Indonesia

*Purwadi Purwadi[1,2], Yukihiro Takahashi[1], Mitsuteru Sato[1], Kozo Yamashita[3], M. Arif Saifudin[4]

1. Department of Cosmosciences, Hokkaido University, Sapporo 0600810, Japan, 2. Agency for Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta 10340, Indonesia, 3. Department of Technology, Ashikaga Institute of Technology, Tochigi 3268558, Japan, 4. Indonesian National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN), Jawa Barat 16310, Indonesia

Indonesia is the tropical maritime country which has potential disaster risk caused by thunderstorm cloud. In this study, we will observe the thunderstorm development using lightning detection networks and micro-satellite. A previous study has shown that electrification process on the cloud started when the peak of the cloud reaches the threshold height and continue to growth vertical with an upward ~8 m/s (Krehbiel, 1986). With the reverse though, the lightning activity can be used to indicate the updraft presence inside the cloud. Moreover, lightning activity represents the intensity and area of precipitation and/or an updraft area. In this study, the Asia VLF lightning Observation Network (AVON) will be used to detect electromagnetic wave emitted by lightning which has been installed in Manila - Philippines, Palau, and the next will be installed in Serpong and Padang Indonesia. We will show coverage area and ambiguity of lightning geolocation created by this lightning networks. The progress in development of algorithms in the determination of the location of lightning, peak currents, and charge moment changes will also be presented. Adding to the lightning observation, cloud observation using thermal infrared camera onboard LAPAN-A4, which will be launched in 2019 FSY, will provide the temperature distribution with the surface resolution of ~180 meters and field of view of ~ 56.3 x 42.2 kilometer. Using this high resolution thermal infrared camera, the cloud top altitude can be estimated, assuming temperature profile of the ambient atmosphere. By making such observation at some time interval, the developing speed of thunderstorm can be calculated in 3D. The first lightning occurrence detected by AVON, which could be assumed as the timing that the cloud has reached the threshold height to become a thunderstorm, will initiate the micro-satellite observation with the thermal infrared camera, from which we could make a prediction of torrential rainfall.

Acknowledgement: This work was supported by Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Core-to-Core Program, B. Asia-Africa Science Platforms, by Japan Science and Technology Agency(JST) together with Technology and Higher Education(RISTEKDIKTI) of the of Indonesia under the e-ASIA Joint Research Program, and by Japan International Cooperation Agency (JICA) and JST, SATREPS.

Keywords: thuderstorm, lightning detection network, microsatellite, infrared thermal camera

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Remote Sensing Water Quality Determination using Multi-spectral Analysis

*Ahmad Shaqeer Mohamed Thaheer[1], Yukihiro Takahashi[1]

1. Hokkaido University

Wetlands have three distinct features which are the existence of a water body, hydric soil, and specific vegetation that thrived under those conditions as mentioned. The ecosystem provides benefits to the environment and humans as one of the significant natural resources. The contamination of the waters, especially in the river, poses a serious health and environmental risk. The destruction of the catchment area will lead to the deterioration in quality and quantity of the water resource in Malaysia. The Department of Environment (DOE) under the Ministry of Water, Land and Natural Resources (NRE) has identified that the Malaysian rivers are degraded by both point and non-point sources of pollution. The major point sources of pollution in rivers are from sewage treatment plants, agro-based industries, manufacturing industries, sullage or grey water from commercial and residential premises, and pig farms. Non-point source (or diffuse) pollution is largely due to storm runoff after a downpour. Current methods using in-situ measurements are shown to be infeasible while Remote Sensing methods helps to resolve these issues such as cost, time, accessibility, and repeatability effectively. Multi-spectral Imagery has been a useful in analyzing the spectral characteristics of wetlands.

Keywords: Multi-spectral, Remote sensing, Water quality

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of cloud effects on atmospheric electric field during lightning activities and snowfall using the 95-GHz cloud radar FALCON-I

*大矢 浩代[1]、中森 広太[1]、鴨川 仁[2]、鈴木 智幸[2]、鷹野 敏明[1]、諸富 和臣[3]、中田 裕之[1]、塩川 和夫[4]
*Hiroyo Ohya[1], Kota Nakamori[1], Masashi Kamogawa[2], Tomoyuki Suzuki[2], Toshiaki Takano[1], Kazuomi Morotomi[3], Hiroyuki Nakata[1], Kazuo Shiokawa[4]

1. 千葉大学大学院工学研究院、2. 東京学芸大学、3. 日本無線株式会社、4. 名古屋大学
1. Graduate School of Engineering, Chiba University, 2. Tokyo Gakugei University, 3. Japan Radio Co. Ltd., 4. Nagoya University

It is known that cloud-to-ground lightning and precipitations generated from thunderclouds are a generator of global electric circuit (e.g., Williams, 2009). In the fair weather, the atmospheric electric field at the ground is generally 100 V/m and downward (positive). The atmospheric electric field varies during not only lightning/thunderstorms, but also snowfall/blizzard (e.g., Minamoto and Kadokura, 2011). The atmospheric electric field had positive correlations with flush rate (R^2 = 0.67) and clouds of more than 30 dBZ with temperature range of -35~-5˚C (R^2 = 0.62) observed by the TRMM satellite [Lavigne et al., 2017]. However, satellite observations cannot monitor cloud internal structures in detail. In this study, we investigate the variations of the atmospheric electric field during lightning activities of 4 July, 2016, and snowfall of 23-24 November, 2016, using a field mill, the 95 GHz cloud radar, FALCON (FMCW Radar for Cloud Observations)-I, and a X-band radar (9.4 GHz). We have observed the atmospheric electric field with a Boltek field mill, and cloud reflectivity and the Doppler velocity with the FALCON-I in Chiba University, Japan, (CHB, 35.63˚N, 140.10˚E). At 16.2 km southeast from the CHB, a phased array X-band radar operated by Japan Radio Corporation observed precipitations/cloud. During lightning activities of 4 July, 2016, there were two variations in the atmospheric electric field: short pulse signals and slow variations due to passage of thunderclouds. Small increase in the atmospheric electric field in the initial phase was caused by positive charges in anvil using the FALCON-I, although the cause of the initial phase has been regarded as negative charges in the bottom of the thunderclouds so far. The duration of the short pulse signals due to lightning itself had a positive correlation with the lightning peak current (r = 0.44). During the snowfall of 23-24 November, 2016, periodic oscillations in the atmospheric electric field with periods of 70-90 minutes were observed at four observation sites; CHB, Kakioka (KAK, 36.23˚N, 140.19˚E), Tokyo Gakugei University (KGN, Kokubunji, Tokyo, 35.71˚N, 139.49˚E), and Seikei High School (MSN, Musashino, Tokyo, 35.72˚N, 139.57˚E). The distances of CHB-KAK, CHB-TGU, and CHB-SHS are 64.8 km, 55.9 km, and 49.0 km, respectively. This is the first observations of similar oscillations in the atmospheric electric field at different observation sites separated by a long distance of 50-65 km. At the end of snowfall, the periods of the oscillations became shorter to be 20-50 minutes at all sites. Based on the FALCON-I and X-band radar observations, we found that the reflectivity of the snow cloud had the same period of 80 minutes at CHB at 0-2 km heights during the snowfall. In the presentation, we will discuss the cause of the variations in the atmospheric electric field.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preferred environmental conditions of precipitation systems in and around Bangladesh observed by ground-based radars

*村田 文絵[1]、東 修平[2]、寺尾 徹[3]、Hassan Quamrul[4]
*Fumie Murata[1], Shuhei Azuma[2], Toru Terao[3], Quamrul S.M. Hassan[4]

1. 高知大学理工学部、2. 高知大学理学部、3. 香川大学教育学部、4. バングラデシュ気象局
1. Faculty of Science and Technology, Kochi University, 2. Faculty of Science, Kochi University, 3. Faculty of Education, Kagawa University, 4. Bangladesh Meteorological Department

Severe storms tend to occur in Bangladesh. In the pre-monsoon season (March-May) storms with intense rainfall, lightning, hails, and tornadoes are frequently observed. Precipitation systems in the monsoon season (June-September) bring large amount of rainfall and floods tend to occur. The purpose of this study is to elucidate the environmental conditions which cause severe weather. This study analyzed the ground-based radars observed during 2010-2014 with TRMM-based precipitation products and JRA55 reanalysis. The precipitation systems were classified into four types: arc-type (77 cases), line-type (59 cases), scattered-type (178 cases) and broad-type (172 cases) systems. Arc-type systems tended to occur in the pre-monsoon season, and the environmental condition had large vertical shear with dry in the mid troposphere. Line-type systems had no preferred season, and the environmental condition had weak vertical shear. The formation process seemed back building type. The scattered-type systems in the pre-monsoon season occurred in the large vertical shear, whereas that in the monsoon season occurred in the weak vertial shear. Most of the broad-type systems were occurred in the active spells of the intraseasonal variation during the monsoon season, and the scattered-type tended to appear in 1-3 days before the formation of the broad-type systems.

キーワード：モンスーン、降水システム、レーダー
Keywords: Monsoon, Precipitation system, Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷ガンマ線観測：2018年度における冬の柏崎でのコリメータ付きガンマ線検出器の観測結果と夏の東京スカイツリーでの観測の試み
Thundercloud gamma-ray observations at Kashiwazaki aiming at source altitude and beaming measurements and a new trial at Tokyo Skytree in FY2018

*中澤 知洋[1]、松元 崇弘[2]、和田 有希[2]、Fabiani Alexia[1]、榎戸 輝揚[3]、奥田 和史[2]、古田 禄大[4]、會澤 優輝[2]、湯浅 孝行[5]、土屋 晴文[4]、佐藤 光輝[6]、牧島 一夫[7]
*Kazuhiro Nakazawa[1], Takahiro Matsumoto[2], Yuuki Wada[2], Alexia Fabiani[1], Teruaki Enoto[3], Kazufumi Okuda[2], Yoshihiro Furuta[4], Yuki Aizawa[2], Takayuki Yuasa[5], Harufumi Tsuchiya[4], Mitsuteru Sato[6], Kazuo Makishima[7]

1. 名古屋大学、2. 東京大学、3. 京都大学、4. 日本原子力研究開発機構、5. 理化学研究所、6. 北海道大学、7. 東京大学 Kalvi IPMU
1. Nagoya University, 2. University of Tokyo, 3. Kyoto University, 4. JAEA, 5. RIKEN, 6. Hokkaido University, 7. Kalvi IPMU, University of Tokyo

MeV gamma rays from lightning and thundercloud reaching the groud are sometimes observed from the winter thunderstorm activities along the coastline of Japan Sea. We, the Gamma-Ray Observation of Winter Thunderclouds (GROWTH) collaboration, are observing such phenomena from 2006 at Kashiwazaki, Niigata prefecture (e.g. Tsuchiya et al. 2007), and recently increasing the number of observation sites, including Ishikawa prefecture (e.g. Wada et al. at M-IS27 session). Since FY2016, we have been operating new detectors at Kashiwazaki dedicated to measure the altitude and beaming of gamma-ray source in thundercloud. Three collimated detectors aiming at different sky regions are deployed. A minute-long gamma-ray emission (or "long-burst") was observed on Jan 26th, 2019 with the system, and we are analyzing the peaking time difference among the three detectors to perform triangulation using the wind speed. Preliminary results suggest the altitude to be lower than ~300 m, but because the emission was relatively weak and photon statistics are not enough, we are estimating the upper-limit of the source altitude and its beaming. Independently, we also started an observation campaign at the 450 m altitude of Tokyo Skytree, aiming at gamma-ray detection from lightning (so called downward TGF) of summer thunderstorm. The tower is one of the locations most frequently hit by lightning. We had three hits on May-Sep. 2018, but no TGF was observed to date, confirming the fact that not all the lightnings are observationally associated with gamma rays. Because our team is observing several downward TGFs from winter thunderstorms (e.g. Enoto et al. 2017), increasing data will enable us to compare the difference among the lightning with and without TGF. The study will be also boosted with the launch of TARANIS satellite in early 2020, dedicated for simultaneous observation of TGF, electrons, optical and radio emission from lightning.

キーワード：雷雲、雷放電、ガンマ線、TGF
Keywords: Thundercloud, lightning, MeV gamma rays, TGF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

9:00 ~ 9:15

[MIS10-01] リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2] (1.産業技術総合研究所、2.九州大学)

9:15 ~ 9:30

[MIS10-02] 生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1] (1.弘前大学　地域戦略研究所)

9:30 ~ 9:45

[MIS10-03] プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学金属材料研究所、2.国立交通大学応用化学系、3.国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4.奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5.名古屋大学未来材料・システム研究所、6.千葉大学分子キラリティー研究センター、7.千葉大学大学院工学研究院)

9:45 ~ 10:00

[MIS10-04] Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

10:00 ~ 10:30

[MIS10-05] DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析

★招待講演

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1] (1.名古屋大学、2.東京大学)

リン酸八カルシウム(OCP)ブロックの溶解析出反応による調製とその生物学的評価

Fabrication of octacalcium phosphate block through a dissolutionprecipitation reaction and its biological evaluation

*杉浦 悠紀[1]、Munar Melvin[2]、石川 邦夫[2]
*Yuki Sugiura[1], Munar L Melvin[2], Kunio Ishikawa[2]

1. 産業技術総合研究所、2. 九州大学
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Kyushu University

Although octacalcium phosphate (OCP) powder and a collagen/gelatin composite demonstrate good potential as bone substitutes, an OCP block has not been fabricated to date. In this study, the feasibility of fabricating an OCP block was evaluated through a dissolution-precipitation reaction using a calcium sulfate hemihydrate (CSH) block as a precursor. When the block was immersed in a phosphate salt solution, its composition changed to that of OCP, while its structure was maintained. The diametral tensile strength (DTS) of the OCP block was 1.0 ±0.2 MPa. The macroporosity and microporosity of the OCP block were 33.4 ±4.5% and, 69.0 ±1.6%, respectively. New bone attached well to the OCP block, and this block was partially replaced by bone 2 weeks after implantation. Four weeks after implantation, the surface of the OCP block was nearly covered with new bone and ~30% of the block was replaced by new bone, while no replacement by bone was observed in the case of a hydroxyapatite (HAp) block used as a control. It is concluded that OCP blocks are potentially suitable for their use as artificial bone substitutes.

キーワード：リン酸カルシウム、人工骨、バイオマテリアル
Keywords: Calcium phosphate, bone substitute, biomaterial

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

生物由来の微細組織を利用した新しい水産廃棄物処理プロセスと化学蓄熱材料の開発

Development of optimized incineration process of fisheries waste for synthesizing a functional heat storage material

*小畠 秀和[1]、桐原 慎二[1]
*Hidekazu Kobatake[1], SHinji Kirihara[1]

1. 弘前大学　地域戦略研究所
1. Hirosaki University Institute of Regional Innovation

貝殻などの水産廃棄物は主に炭酸カルシウムからなる。これらの一部は肥料、飼料などに利用されているが、大部分は1000℃以上の高温で焼却処分されている。この焼却処分には大量の燃料とコストが必要なため、水産廃棄物の処理問題は水産業における大きな負担となっている。持続可能な地域の水産業を維持するためには、この焼却プロセスの省エネ化と、水産廃棄物の新しい利活用法の開拓が重要である。

著者らはすでに、これら貝殻などの焼成は、純粋な炭酸カルシウムに比べ最大70℃程度低い温度でも酸化カルシウムへの熱分解が可能であることを見出している。そこで本研究では、貝殻など水産廃棄物の熱分解温度を実験的に測定し、この分解反応における速度論的考察を試みた。また、貝殻等の焼成によって得られる酸化カルシウムの新しい利用法の開拓に向けて、化学蓄熱材としての評価を行ったので、その結果について報告する。

洗浄後、粒径を63-125 μmに粉砕したホタテ、マガキの貝殻およびキタムラサキウ棘と純度99.95% のカルサイト試薬数十 mgをAr雰囲気下で5℃/min、 から40℃/minの速度で昇温させながら酸化カルシウムへの熱分解速度を示差走査熱量測定で調べた。昇温速度と反応終了温度との関係から各試料の熱分解反応の活性化エネルギーおよび頻度因子を評価した。

また、焼成によって得られたカルシウムの蓄熱材としての機能を評価するために、ホタテガイ、マガキ、キヌマトイガイ、ウズマキゴカイおよびキタムラサキウニ(棘)を電気炉内で1000℃、2時間の加熱で焼成し酸化カルシウムを作成した。得られた酸化カルシウムを水と反応させて水酸化カルシウムを生成した。生成した水酸化カルシウム数十 mgをAr雰囲気下で20℃/minの昇温速度で加熱してDSCによる熱測定を行い、これらの熱分解挙動を調べた。各試料に対して3回測定を行い、測定した温度の標準偏差を不確かさとして評価した。

各種の殻や棘の熱分解反応の終了温度は、昇温速度に依存した。カルサイト試薬では819℃から926℃、ホタテガイでは785℃から907℃、マガキでは761℃から887℃、キタムラサキウニの棘では761℃から880℃へと昇温速度が速くなるに従い、高くなった。試料毎の熱分解反応の活性化エネルギーには8%程度の違いしか見られなかった。よってこの反応終了温度の違いは主に頻度因子によって生じていると考えられる。

一方、水酸化カルシウムの熱分解挙動ではカルサイト試薬およびホタテガイから生成した水酸化カルシウムの熱分解終了温度が最も高く、510℃以上の温度が必要である。ウズマキゴカイ、マガキ、キヌマトイガイの順に熱分解終了温度は低下し、ウニの棘から生成した水酸化カルシウムが500℃以下の最も低い温度で熱分解した。

このことから、種による反応終了温度の差異は、試料中の微量成分などの化学的性質によるものではなく、それぞれの種に固有な微細構造によってもたらされる表面積の違いなどによって引き起こされたと考えられる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

以上の結果より、貝殻等は、カルサイト試薬の熱分解温度よりも低温で分解できるだけでなく、カルサイト試薬から得られる材料よりも反応性が高い酸化カルシウムや水酸化カルシウムが貝殻の焼成によって得られることが分かった。 この違いは貝殻等の微細構造によって生じたと考えられる。また貝殻等の粒度調整によって、焼却温度をより低下できること、反応性の異なる酸化カルシウムや水酸化カルシウムを得ることができるが可能性が示唆された。

キーワード：カルサイト、貝、熱分解
Keywords: Calcite, Shell, Thermal decomposition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

プラズモン光ピンセットによる有機分子の結晶化操作と二段階溶解過程の発見

“Manipulated” Organic Crystallization and Two-step Dissolution Process Attained by Plasmonic Optical Tweezers

*新家 寛正[1]、杉山 輝樹[2,3,4]、田川 美穂[5]、宇治原 徹[5]、宮本 克彦[6,7]、尾松 考茂[6,7]、野澤 純[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1]
*Hiromasa Niinomi[1], Teruki Sugiyama[2,3,4], Miho Tagawa[5], Toru Ujihara[5], Katsuhiko Miyamoto[6,7], Takashige Omatsu[6,7], Jun Nozawa[1], Junpei Okada[1], Satoshi Uda[1]

1. 東北大学金属材料研究所、2. 国立交通大学応用化学系、3. 国立交通大学新世代効能性物質研究中心、4. 奈良先端科学技術大学院大学物質創生科学領域、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所、6. 千葉大学分子キラリティー研究センター、7. 千葉大学大学院工学研究院
1. Institute for Materials Research, Tohoku University, 2. Department of Applied Chemistry, National Chiao Tung University, 3. Center for Emergent Functional Matter Science, National Chiao Tung University, 4. Division of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability (IMaSS), Nagoya University, 6. Molecular Chirality Research Center (MCRC), Chiba University, 7. Graduate School of Engineering, Chiba University

Spatiotemporal control of crystallization from a solution is often required for detailed exploration on mechanism of early stage of crystallization because the stochastic nature of nucleation process hinders us to chase its early stage. Recently, laser trapping-induced crystallization technique has received increasing attention as a possible candidate to realize spatiotemporally controllable crystallization.[1] In the technique, the crystallization is induced by trapping molecular clusters in a solution with optical tweezers, in which dielectric tiny particles are captured by electrical field gradient force generated by tightly focusing laser light by optical lens. This technique has actually demonstrated forced nucleation of various organic molecules from an unsaturated mother solution at the focal spot. Although recent progress of nanoscience including research on nucleation dynamics demands precise manipulation of nanoscopic objects, the conventional optical tweezers, electrical field gradient force of which relies on the focusing the laser by optical lens, has a limitation of diffraction limit on focusing the light. To overcome the limit, the use of near-field generated by localized surface plasmon resonance, which is collective oscillation of free electrons on surfaces of metal nanoparticles when light impinges on the nanoparticle, has been proposed. [2] Because the near-field is confined in nanoscale, the light focusing beyond the diffraction limit can be achieved consequently, allowing us to capture the smaller particles much tightly than the conventional method. However, the plasmonic optical tweezers has never been applied to crystallization. Here we applied plasmonic optical tweezers to crystallization of acetaminophen molecule from an aqueous solution.

Figure 1 shows schematic illustration of experimental setup. Periodic Au nanolattice the unit structure of which is gammadion with the size of 500 nm was fabricated on a cover glass by electron beam lithography. An aqueous solution of acetaminophen saturated at room temperature (24°C) was dropped on the Au nanolattice, and then solution thin layer supported by the nanolattice was formed by capillarity. Near-infrared continuous-wave left-handed circularly polarized laser (1064 nm, 6.4×10^{9} W/m^{2}) was focused to the nanolattice supporting the solution thin layer by passing through an objective lens equipped on an inverted polarized-light optical microscope. In-situ microscopic observation for the vicinity of the focal spot was also performed simultaneous with the laser irradiation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 2 shows time-lapse micrographs of the in-situ observation in the vicinity of the focal spot. After the laser irradiation, crystals with the size of 1000 ~ 2000 nm were precipitated 19 mm away from the focal spot in annular pattern. The position of the annular pattern moved while following the change of in-plane position of the focal spot via dissolution/precipitation process, indicating that position of the crystal is manipulatable. When the plasmon excitation by laser irradiation was stopped, the crystals were disappeared via two-step dissolution process; the crystals first transformed to dense liquid droplets, and then the dense droplet disappeared through molecular diffusion.
Generally, large temperature gradient generates in the vicinity of the focal spot when localized surface plasmon resonance was excited, because of the heat generation through electron-phonon scattering. Thus, the large temperature gradient exerts thermophoretic force outward from the focal spot on acetaminophen molecules. Since the electrical field gradient force attracts the molecules towards the focal spot, the annular-patterned precipitation can be interpreted as the consequence of the balancing the electrical field gradient force as attractive force and the thermophoretic force as repulsive force. Therefore, our observation strongly suggested that plasmonic optical tweezers can precisely control crystallization.
[1] T. Sugiyama *et al.*, *Acc. Chem. Res.* **2012**, 45(11), 1946-1954.
[2] T. Shoji *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* **2014**, 5(17), 2957–2967.

キーワード：プラズモンピンセット、有機分子結晶化、二段階溶解過程
Keywords: Plasmonic Optical Tweezres, Crystallization of Organic Molecule, Two-step Dissolution Process

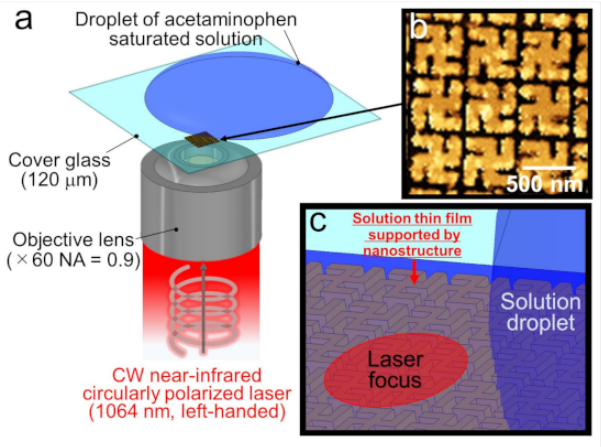


Figure 1 **a** Schematic illustration of the experimental setup **b** Atomic force microscopic image of the plasmonic Au nanolattice **c** Position of the laser focus.

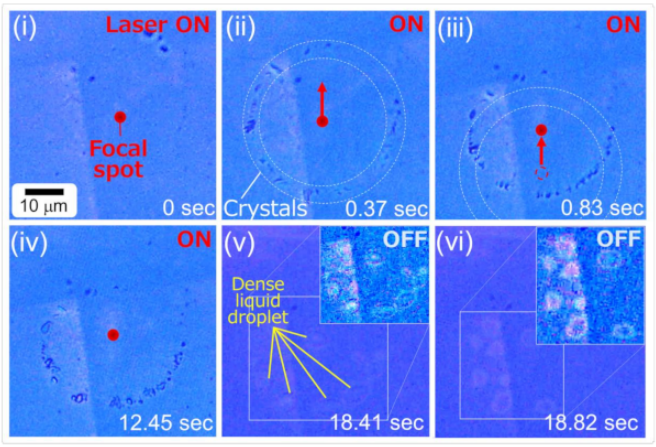


Figure 2 Time-lapse micrographs showing the dynamics of the plasmonic trapping-induced crystallization and the two-step dissolution process.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Investigation of liquid cell transmission electron microscopy combined with antisolvent crystallization

*山﨑 智也[1]、木村 勇気[1]
*Tomoya Yamazaki[1], Yuki Kimura[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science Hokkkaido University

Crystallization of salts in solutions is a quite common phenomenon in the earth and is important not only for production of materials but also for understanding geochemical processes. However, initial stage of crystallization, called nucleation, is not fully understood and numerous studies to understand the process have been reported. Recently, multistep nucleation pathway, which formations of one or more metastable phases are required on the route to a formation of a crystalline phase, have been proposed. Liquid cell transmission electron microscopy (TEM) is a promising method for observing the nucleation process directly because the spatial resolution of this method is under nanometer scale. More recently, multistep nucleation pathways of the crystals of calcium carbonate [1] and lysozyme protein [2] have been revealed by liquid cell TEM. However, capturing a moment of a nucleation event is quite difficult because the observable area of the method is small ($< 100\ \mu m^2$) and a nucleation event is typically very rare in the tiny volume within the area. In order to observe nucleation events efficiently, a supersaturation of a sample solution should be increased with observing the solution. To create the situation, we applied the anti-solvent crystallization technique, which crystallize the solute to add the solvent with the extremely low solubility of the solute (anti-solvent), to liquid cell TEM and tried to observe the nucleation event of a salt crystal.

We used the TEM holder (Poseidon 300, Protochips Inc.) and the liquid cells of silicon chips equipped with thin silicon nitride windows. Aqueous solution of sodium chlorate under equilibrium at room temperature was enclosed in the liquid cell. The TEM holder has two injection ports of liquid, and one of the ports was filled by acetone as the anti-solvent of sodium chlorate. After starting the observation of the sample solution, acetone was injected by syringe pump for mixing the aqueous solution in the liquid cell.

Using the methods, we succeeded in observing the nucleation events of crystals. In this presentation, we will report the detailed analysis of crystals and the nucleation processes.

Acknowledgement

This work was supported partly by Grant for Basic Science Research Projects from The Sumitomo Foundation (Grant Number 170738) and JSPS KAKENHI Grant Numbers JP15H05731 and JP18J01470. T.Y. is grateful for the JSPS Research Fellowship for Young Scientists.

References

[1] M. H. Nielsen *et al.*, *Science* **345** (2014), 1158.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] T. Yamazaki *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **114** (2017), 2154.

キーワード：溶液セル透過型電子顕微法、結晶成長、溶液成長、貧溶媒晶析
Keywords: liquid cell transmission electron microscopy, crystal growth, solution growth, anti-solvent crystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DNAガイドのナノ粒子結晶化：結晶化条件の最適化と構造解析
DNA-guided crystallization of nanoparticles: optimization of crystallization conditions and structure analysis

*田川 美穂[1]、小島 憧子[1]、鷲見 隼人[1]、西部 愛里紗[1]、磯貝 卓巳[1]、横森 真麻[2]、原田 俊太[1]、宇治原 徹[1]、塚本 勝男[1]
*Miho Tagawa[1], Shoko Kojima[1], Hayato Sumi[1], Arisa Nishibu[1], Takumi Isogai[1], Maasa Yokomori[2], Shunta Harada[1], Toru Ujihara[1], Katsuo Tsukamoto[1]

1. 名古屋大学、2. 東京大学
1. Nagoya University, 2. The University of Tokyo

Due to the programmability and self-assembly characteristic, DNA is a powerful tool for guiding the assembly of nanometer-sized particles into large-scale ordered structures. Recently, DNA-guided nanoparticle crystallization has been demonstrated and many types of crystal structures have been created[1-3]. By changing particle size ratio, DNA length and complementarity, particles assemble into different types of crystals. By TEM imaging after silica encapsulations, Mirkin et al. confirmed that some of DNA-guided nanoparticle crystals assembled into wulff polyhedra in solution[3]. However, it is crucially difficult to grow large-scale wulff polyhedral single crystal of DNA-functionalized nanoparticles (DNA-NPs) with size up to several microns. Herein, we demonstrate the optimization of solution composition on DNA-NP crystal growth, specifically the effect of sodium chloride concentration and polyethylene glycol (PEG) addition into DNA-NP colloidal solution.

Au nanoparticles of diameter 7 nm were functionalized with two different sequenced thiolated-DNA strands (DNAa and DNAb), respectively. These DNA-functionalized nanoparticles, DNA-NPa and DNA-NPb, were combined with linker DNA strands, which hybridize to complementary sequences of DNAa and DNAb (Figure 1). The mixed solutions were adjusted under different sodium chloride concentration (100, 300, 500, 700 and 900 mM) and by adding PEG with different molecular weights (1000, 4000 and 8000) and subsequently heated to 65 ºC and then slowly cooled back to 25 ºC. The crystal structure of assembled DNA-NP superlattices were analyzed by small angle x-ray scattering (SAXS) and imaged by scanning electron microscope (SEM).

We confirmed the crystal structure of assembled DNA-NP aggregates was bcc by analyzing peak positions of SAXS 1D curves. The differences were seen in SAXS and SEM data with different samples under different sodium chloride concentrations. Relatively large wulff polyhedral single crystals of DNA-NP superlattices were assembled in buffer solution under 500 mM NaCl. The significant differences were seen in SAXS and SEM data with different samples by adding PEG with different molecular weights. DNA-NP superlattices assembled in the buffer solution with PEG 1000 showed a clear SAXS 1D curve which indicates bcc structure (Figure 2) and a significant increase in average crystal size were confirmed by SEM (Figure 3).

We will also present the recent progress on the formation of lattice using DNA-NPs linked by DNA polyhedral constructs. DNA polyhedron has symmetrical connecting bonds and plays a determining role in the inter-particle bonding; that allows for control of particles coordination. DNA nanostructure-directed crystallization has a power of the proposed approach for assembly of complex nanoparticle lattices[4].

[1] D. Nykypanchuk et al., *Nature* **451**, 549-552 (2008).
[2] S. Y. Park *et al.*, *Nature* **451**, 553-556 (2008).
[3] R. J. Macfarlane *et al.*, *Science* **334**, 204-208 (2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[4] W. Liu *et al.*, *Science* **351**, 582-586 (2016).

キーワード：DNA、ナノ粒子、小角散乱、コロイド結晶成長
Keywords: DNA, Nanoparticles, SAXS, colloidal crystallization

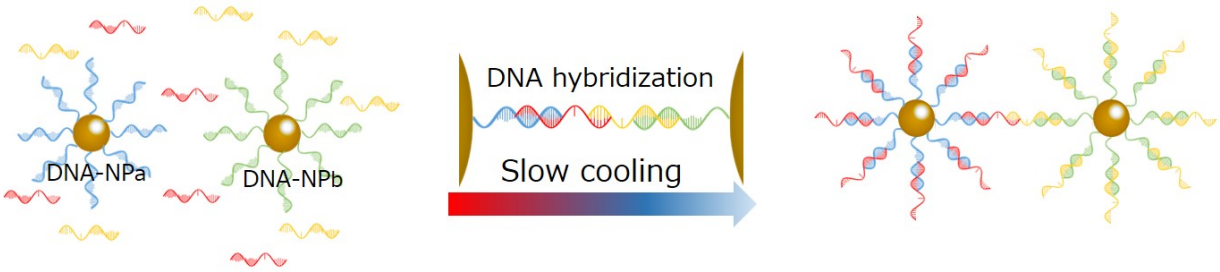


Figure 1. DNA-NP assembly

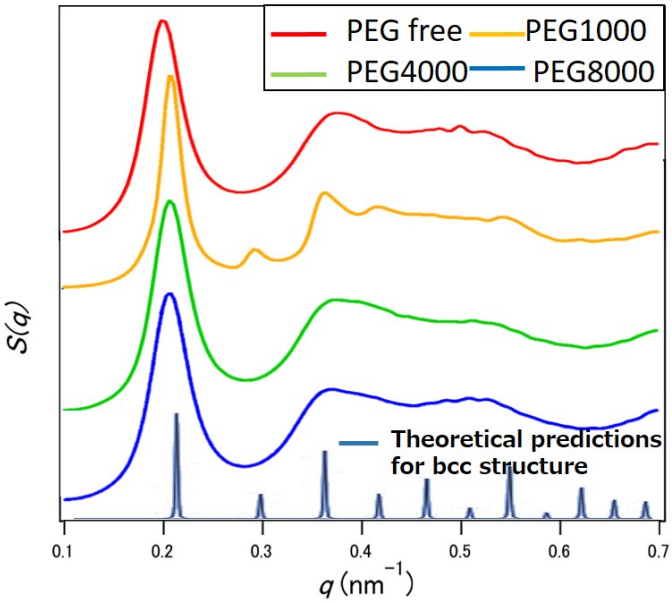


Figure 2. SAXS analysis of DNA-NP aggregates with PEG of different weights as additives

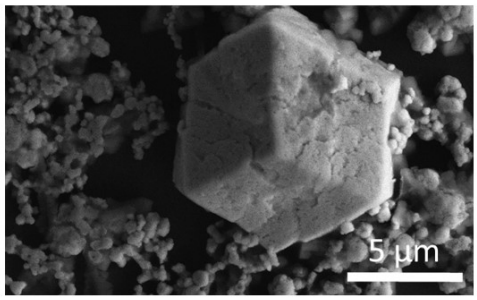


Figure 3. SEM image of DNA-NP superlattice

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 303 3F

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)、座長:佐藤 久夫

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

10:45 ~ 11:00

[MIS10-06] 2元系コロイド結晶の成長メカニズム

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1] (1.東北大学)

11:00 ~ 11:15

[MIS10-07] ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

11:15 ~ 11:30

[MIS10-08] 天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2] (1.北海道大学大学院工学院、2.北海道大学大学院工学研究院)

11:30 ~ 11:45

[MIS10-09] Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3] (1.国立環境研究所、2.北海道大学大学院理学研究科、3.北海道大学低温科学研究所)

11:45 ~ 12:00

[MIS10-10] Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス

*三浦 均[1] (1.名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)

12:00 ~ 12:15

Discussion

2元系コロイド結晶の成長メカニズム
Growth mechanism of binary colloidal crystals

*野澤 純[1]、郭 素霞[1]、新家 寛正[1]、岡田 純平[1]、宇田 聡[1]
*Jun Nozawa[1], Suxia Guo[1], Hiromasa Niinomi[1], Junpei Okada[1], Satoshi Uda[1]

1. 東北大学
1. Tohoku University

Colloidal crystals have been attracted great attention from wide application fields owing to their unique optical properties. Now, varieties structures of the colloidal crystal, e.g. non-closed packed structure, are significantly demanded for diverse applications. For this ends, to grow binary colloidal crystal is promising method since it displays rich structural diversity. However, in contrast to single component system, growth mechanism of binary system of colloidal crystals is poorly understood. Also, to grow large size of binary colloidal crystals with high crystallinity is still difficult. In this study, in-situ observation is conducted to reveal detailed growth process of binary colloidal crystals. Then, growth mechanism is discussed.
Polystyrene particles are employed in the experiment. Green fluorescent particles with 500 nm and red with 700 nm are employed. Crystallization of colloidal crystals is induced by depletion attraction.
We have found several features on the growth of binary colloidal crystals. First, it grows on substrate. The AB_2 structure (A: 700 nm, B: 500 nm) is found to be grown by utilizing crystals composed only of 700 nm particles. The AB_2 crystals also grow on crystals of 500 nm. The specific crystallographic orientations between those crystals are recognized. Combination of orientations between AB_2 and substrate are classified into four types. Heteroepitaxial growth is found to occur for growth of AB2 structure. Second, growth rate of binary colloidal crystals is quite small compare to that of single component system under the same particle concentration. We think this is attributed to complex structure of the crystals, which requires each particle incorporating to their own site. This process is not required for crystals composed of single component. Third, cluster formation at the interface is recognized. The ordered structure composed only of 500 nm is formed at growing interface. Particles of 700 nm is incorporated into the ordered structure generates AB_2 structure.
These observations provide great hints to reveal overall growth mechanism of binary colloidal crystals, which will lead to establish sophisticated growth technique to grow large and high quality crystals.

キーワード：コロイド結晶、結晶成長
Keywords: Colloidal crystal, Crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクス
Solution-Mediated-Transformation Kinetics of Norsethite

*麻川 明俊[1]、畝田 廣志[1]、越後 至[1]、小松 隆一[1]
*Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda[1], Itaru Echigo[1], Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、音響光学素子や波長変換素子としての利用が期待できる。ノルセサイトを素子材料として検討するためには、数mmの結晶サイズが必要であるが、これまで誰も数mmサイズのノルセサイトを人工的に育成できていないのが現状である。その要因の一つとして、ノルセサイトは溶液媒介相転移により生成するため、結晶化の駆動力の制御が一つの結晶を育成する場合に比べ複雑であることが挙げられる。そこで、本研究では、偏光顕微鏡観察、X線回折測定(XRD)、pH計測によりノルセサイトや準安定結晶のウィッセライト$BaCO_3$の誘導期を計測し、求めた核生成頻度と過飽和度の関係からノルセサイトの溶液媒介相転移キネティクスの特徴について調べた。

誘導期の計測では、0.3M $BaCl_2 \cdot 2H_2O$、0.3M $MgCl_2 \cdot 6H_2O$、0.125M $NaHCO_3$を順番に、50～90℃の純水200mLに混合し、沈殿物の経時変化をEx-situで偏光顕微鏡観察、XRD測定した。また、溶液内のCO_3^{2-}濃度の変化を検出するため、pHを計測した。更に上澄み液のICP発光分光分析や全有機炭素測定(TOC)を用い、Ba^{2+}、Mg^{2+}、CO_3^{2-}を計測し、溶液内の過飽和度を求めた。

溶液中に種々の試料を添加直後、針状のウィッセライト$BaCO_3$が瞬間的に生成した。その後、ノルセサイトはウィッセライトの溶解を介して生成することを光学顕微鏡観察及びXRD測定により確認した。更に回折プロファイルの解析から、ノルセサイトの誘導期を計測した。ノルセサイトの誘導期は温度の増加と共に減少した。溶解度の結果と比較すると、これはノルセサイトとウィッセライトの溶解度差が温度の増加と共に増加していくことが要因の一つと分かった。また、得られた誘導期から核生成頻度を計算し、ノルセサイトの界面自由エネルギー等の物理量を求め、ウィッセライトの物理量と比較した。当日は解析の詳細について報告する。

キーワード：ノルセサイト、溶液媒介相転移
Keywords: Norsethite, Solution-mediated transformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天然アルカリ環境において生成した低結晶質マグネシウムケイ酸塩の観察とフロースルー実験

Formation of low-crystalline magnesium silicate in natural alkaline environment and flow-through experiments

*西木 悠人[1]、新橋 美里[1]、佐藤 努[2]、大竹 翼[2]
*Yuto Nishiki[1], Misato Shimbashi[1], Tsutomu Sato[2], Tsubasa Otake[2]

1. 北海道大学大学院工学院、2. 北海道大学大学院工学研究院
1. Graduate School of Engineering, Hokkaido University, 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

はじめに

低温環境（25-200℃）におけるマグネシウムケイ酸塩の生成は、今日様々な分野において注目されている。低温でのMgO-SiO_2-H_2O系における反応において、従来はセピオライトや蛇紋石といった結晶質のマグネシウム粘土鉱物の生成が考えられてきたが、近年では低結晶質なマグネシウムケイ酸塩の生成が考えられるようになってきている[1]。この種の低結晶質ケイ酸塩は多くの研究者や技術者によって精力的に研究されてきた。例えば、低結晶質カルシウムケイ酸塩はC-S-H（カルシウムシリケート水和物）として、アルミニウムケイ酸塩はアロフェンやイモゴライトとして既に知られている。これらは天然で産出される鉱物と実験的合成物の両面から研究されていたが、一方で、マグネシウムに関する低結晶質ケイ酸塩の研究はまだ始まったばかりであり、その地球化学的性質の理解は不十分であると言える。従って、低結晶質マグネシウムケイ酸塩の生成しうる多種多様な工学的場面（石油増進回収[2]、CO_2地中貯留[3]、地熱発電[4]、コンクリートの配合[5]、放射性廃棄物地層処分[6]、環境汚染処理[7]など）では、その生成自体が、業界の度肝を抜いた事件であり、工学技術の向上のためにその地球化学的性質の理解が喫緊の課題である。少し毛色の違う分野としては、惑星科学の分野でも、火星の表層環境[8]や星間ダストの水質変成過程[9]においても生成されることが知られているため、この研究は幅広い学術的分野において応用できると考えられる。

フィールド調査

本研究においては、始めに、天然環境において低結晶質マグネシウムケイ酸塩が生成することを確認した。北海道神居古潭帯の赤岩青巌峡の蛇紋岩の表層より流出したアルカリ地下水の作用で生成された沈殿物を採取して分析を行った。バルクで分析したＸ線回折プロファイルからは生成物に関する明確なピークは見られなかったが、電子顕微鏡（電界放射型走査電子顕微鏡および透過電子顕微鏡；TEM）での観察から低結晶質マグネシウムケイ酸塩の粒子を確認することができた。TEMのエネルギー分散型X線分析よりその粒子はMg, Si, Oから成ることが判明し、電子線回折図よりブロードなハローリングが得られたため、低結晶質のマグネシウムケイ酸塩であることが証明できた。更に、採取した溶液試料の分析より、それらはアルカリ性（$9.50 < pH < 10.67$）であり、低結晶質マグネシウムケイ酸塩相（マグネシウムシリケート水和物[10]）に飽和であった。

フロースルー実験

次に、上記の天然での沈殿反応を実証し速度論的考察を深めるため、開放系でのフロースルー実験を行った。溶存シリカ1.5mMのアルカリ水溶液を反応容器中の粉末状MgOに定流量で供給した。反応後の固体物質からは、TEM観察より同様に低結晶性マグネシウムケイ酸塩を確認した。更に、反応後の採取した溶液濃

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

度から、マグネシウム鉱物（初期物質）の溶解速度とマグネシウムケイ酸塩（二次生成物）の生成速度を算出した。マグネシウムケイ酸塩の生成速度はマグネシウム鉱物の溶解速度よりも遥かに大きい結果を得たことから、溶存シリカが十分にあればマグネシウムケイ酸塩は瞬時に生成し、マグネシウム鉱物の溶解が律速過程となっていることがわかった。本実験ではマグネシウム鉱物としてMgOのみを使用しているが、MgOの溶解速度は他のどのマグネシウム鉱物（橄欖石や輝石など）の溶解速度よりも大きい為、上記の考察は一般的に全てのマグネシウム鉱物に対して適用できる。即ち、本実験は、赤岩青巌峡だけでなく、岩石や土壌中の鉱物からのマグネシウムの供給により低結晶性マグネシウムケイ酸塩が生成するあらゆる場所において、その生成に関する速度論的理解の一助となることがわかる。

引用文献

[1] Roosz et al., 2015, Cement and Concrete Research

[2] Olajire, 2014, Energy

[3] Carroll et al., 2011, Energy Procedia

[4] Spinthaki et al., 2018, Geothermics

[5] Brew and Glasser, 2005, Cement and Concrete Research

[6] Ramirez et al., 2002, Applied Clay Science

[7] Nozawa, Sato, and Otake, 2018, Minerals

[8] Gainey et al., 2017, Nature Communications

[9] 松野ら, 2013, Photon Factory Activity Report

[10] Lothenbach et al., 2018, Cement and Concrete Research

キーワード：マグネシウムケイ酸塩、透過電子顕微鏡、速度論、神居古潭帯、蛇紋石、熱力学的計算
Keywords: Magnesium silicate, Transmission electron microscope, Kinetics, Kamuikotan metamorphic belts, Serpentine, Thermodynamic calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Homogeneous Nucleation from Vapor in Al-O Binary System

*石塚 紳之介[1]、川野 潤[2]、山﨑 智也[3]、羽馬 哲也[3]、木村 勇気[3]
*Shinnosuke Ishizuka[1], Jun Kawano[2], Tomoya Yamazaki[3], Tetsuya Hama[3], Yuki Kimura[3]

1. 国立環境研究所、2. 北海道大学大学院理学研究科、3. 北海道大学低温科学研究所
1. National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Science, Hokkaido University, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

A gaseous molecule can have a chemical formula that is inconsistent with its ability to act as a building block for crystals; for example, hot AlO and AlO_2 vapors cannot solidify directly to crystals. The contributions of such gases to homogeneous nucleation processes are unknown. Using in situ IR spectroscopy on nucleating nanoparticles, we show that a liquid-like behavior of nucleating nanoparticles in the Al–O system induces immiscible phase segregation. In an oxygen-deficient atmosphere, aluminum oxide nanoparticles formed with a unique shape composed of an Al metal head and an anisotropic Al_2O_3 crystalline tail. The anisotropic nanoparticles are larger than Al_2O_3 nanoparticles formed in a sufficient oxygen condition. Fewer nuclei may be available in the supersaturated gas, indicating that homogeneous nucleation is initiated by oxygen-bearing species. The nuclei grow by incorporation of Al-bearing species, changing the composition of the particle as a whole toward an Al-rich material. In situ IR measurements revealed that the degree of anisotropy continues to increase, suggesting that oxygen-bearing species also formed by oxidation on the surface of the molten Al-rich head. The scenario is supported by quantum-chemical calculations indicating that oxygen-deficient $(AlO)_n$ clusters as few as 16 molecules induce aggregation of Al atoms. Because Al metal has a significantly lower melting temperature than Al_2O_3, the immiscibility of the nucleating nanoparticles leads to vapor–liquid–solid growth. Astronomical implication will be given in the presentation.

キーワード：均質核生成、宇宙ダスト
Keywords: Homogeneous Nucleation, Cosmic Dust

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Birth-and-spread成長機構におけるヒステリシス
Crystal growth hysteresis in birth-and-spread mechanism

*三浦 均[1]
*Hitoshi Miura[1]

1. 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科
1. Graduate School of Natural Sciences, Department of Information and Basic Science, Nagoya City University

結晶成長において不純物が引き起こす現象のひとつに，成長ヒステリシスが挙げられる。結晶化駆動力（過飽和度や過冷却度）を増加させるときの成長速度が，駆動力を減少させるときと異なって観察される現象である。これは，結晶表面への不純物の「遅い吸着」が原因だと考えられている。成長表面には原子スケールのステップが存在し，そこに原子や分子が取り込まれることによってステップが前進し，一層一層成長する（層成長機構）。結晶表面に不純物が付着すると，ステップ前進を妨げることで結晶成長を阻害する。だが，ステップ前進速度が大きい場合，結晶表面が頻繁に更新されることで吸着不純物が排除され，吸着不純物量が少なくなるのである。不純物の吸着タイムスケールと，結晶表面が更新される間隔（テラス露出時間），このふたつのタイムスケールの競合により，成長ヒステリシスが引き起こされる。

成長ヒステリシスが現れるメカニズムは，平均場理論によって説明された。Punin and Artamonova [1]とMiura and Tsukamoto [2]は，不純物がステップ前進を阻害する効果（pinning効果）と，逆にステップ前進が吸着不純物を排除する効果（impurity sweeping）を定式化し，両者を満足する定常解がある過飽和度範囲において複数存在することを明らかにした。その後，フェーズフィールド法に基づいた数値計算により，ステップ間隔が一定の場合について，各物理量の平均値からの揺らぎを考慮した場合においても平均場理論が予想したとおりにヒステリシスが現れることが確認された[3]。結晶面がらせん成長する場合についても同様の数値計算が実施され，ヒステリシスの出現が確認された[4]。しかし，表面に露出したらせん転位がステップを供給するらせん成長機構に対して，もうひとつの代表的なステップ供給機構である二次元核形成による面成長（birth-and-spread成長機構）については調べられていなかった。Birth-and-spread成長機構は高過飽和度において支配的となる成長機構であり，それに対する不純物効果を明らかにしておくことは重要である。そこで，本研究では，birth-and-spread成長機構におけるヒステリシスについて理論的に検討した。

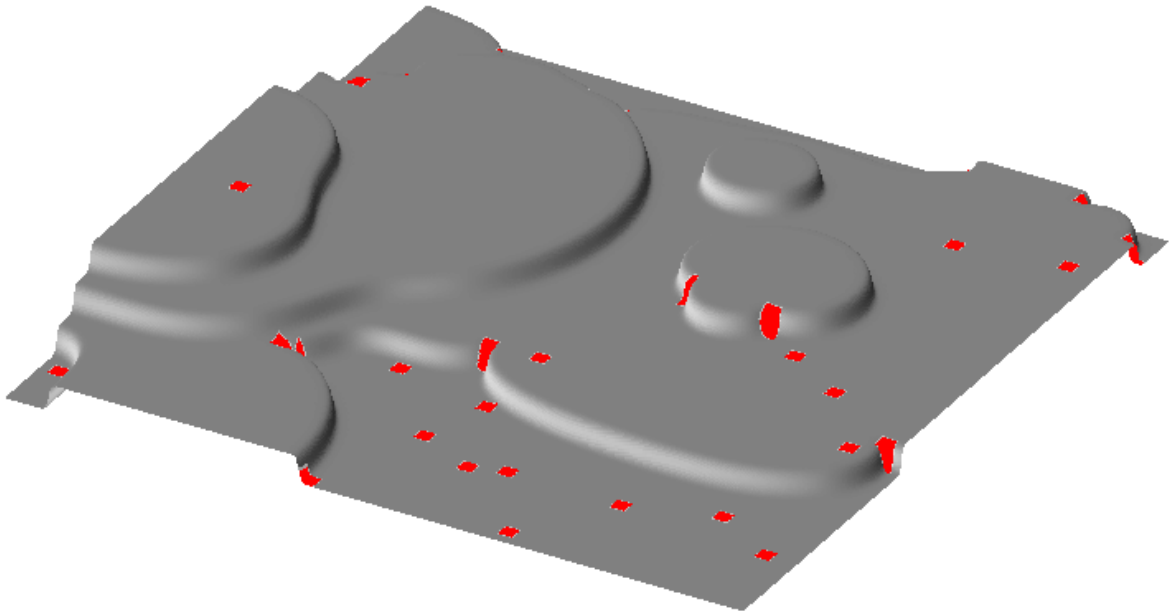
まず，らせん成長機構のときと同様に，平均場理論に基づいてステップ前進速度と吸着不純物量との相互依存関係を定式化した。その結果，ある過飽和度範囲において複数の定常解が存在することを見出した。これは，原理的には成長ヒステリシスが現れうることを示している。続いて，平均場理論で用いた計算条件と同等の条件にてフェーズフィールド法による数値計算を実施した。過飽和度の変化速度の大きさを固定して増減を繰り返したところ，過飽和度減少時と増加時の面成長速度が異なった履歴を辿ることを確認した。また，ヒステリシスが出現する過飽和度範囲は過飽和度の変化速度に依存し，過飽和度をゆっくり変化させるとヒステリシスが検出されにくくなることがわかった。

参考文献：
[1] Y. O. Punin and O. I. Artamonova, *Kristallographiya* **32**, 1262 (1989). [2] H. Miura and K. Tsukamoto, *Cryst. Growth Des.* **13**, 3588 (2013). [3] H. Miura, *Cryst. Growth Des.* **16**, 2033 (2016). [4] 三浦均，日本地球惑星科学連合2017年大会予稿MIS11-P04.

キーワード：結晶成長、ステップ・ダイナミクス、不純物効果、フェーズ・フィールド法

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Crystal growth, Step dynamics, Impurity effect, Phase-field method



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

水滴の結晶化理論モデル
Theoretical Model of Crystallization through Homogeneous Nucleation in Water Droplets

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2]
*Kyoko Kitakami Tanaka[1], Yuki Kimura[2]

1. 東北大学、2. 北海道大学低温科学研究所
1. Tohoku University, 2. Hokkaido University, Institute of Low Temperature Science

The crystallization process of water droplets is not only fundamentally important, but is also climate-sensitive and hence relevant to urgent problems such as climate change. However, water crystallization in environments such as cirrus clouds is difficult to explore by conventional experimental approaches. Analytical models of the crystallization process can assist our understanding of ice nucleation and predict the crystallization processes in environments that cannot be replicated in the laboratory. Experimentally, micrometer-sized droplets are known to crystallize at approximately 235 K, regardless of cooling rate and experimental method. However, the crystallization temperature of smaller (nanometer-sized) droplets suddenly drops at high cooling rates (~10^5 K/s). At very high cooling rates (10^{6-7} K/s), liquid water droplets vitrify rather than crystallize. A model that explains all of these characteristics is thus far lacking. Motivated by this knowledge gap, we construct a new model of water-droplet crystallization that evolves the homogenous nucleation and crystal growth in water droplets during cooling (Tanaka & Kimura, PCCP, 21, 2410, 2019). The crystallization process depends on the surface energy at the liquid–solid interface (which determines the liquid-to-sold nucleation rate) and the activation energy of molecular diffusion through the liquid. The model extends our previous model (Tanaka et al. J. Crystal Growth, 310, 1281, 2008) by incorporating the droplet size-dependence of the crystallization process. Especially, smaller droplets begin crystallizing later than larger droplets because they are less likely to form a nucleating center in a given time. We also try two diffusion coefficients: the diffusivity of amorphous ice (ASW) and the diffusivity of supercooled liquid (SCL) water. The model well replicated the results of previous laboratory experiments, especially, the different responses of the crystallization temperatures of the micrometer- and nanometer-sized particles as functions of cooling rate. At low cooling rates, the ASW and SCL diffusivities gave the same results for micrometer-sized particles, because these particles crystallize at temperatures around the homogenous nucleation temperature (235 K), where both diffusivities are identical. However, for nanometer-sized particles, the crystallization temperature is lower and the SCL diffusivity is more accurate than the ASW diffusivity. Calculations on small droplets also provide low-temperature information at high cooling rates, which are sparsely acquired in experiments. The critical cooling rate of vitrification was predicted as 10^{7-8} K/s with SCL diffusivity, consistent with the experimental rates.

キーワード：核生成 、 結晶成長、水、非晶質化
Keywords: nucleation, crystal growth, water, vitrification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

Mean Height of the Self-Assembled Faceted Macrosteps: Steady Crystal Growth/Dissolution in a Reaction- (Interface-) Limited Process

*阿久津 典子[1]
*Noriko Akutsu[1]

1. 大阪電気通信大学工学部
1. Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University

Faceted macrosteps are considered to play critical roles in some reaction- (interface-) limited processes of crystal growth/dissolution [1]. For the diffusion-limited crystal growth, step dynamics of macrosteps or bunched steps with rough side surfaces has been studied theoretically and experimentally [2,3]. Whereas, for the reaction-limited crystal growth/dissolution, the step dynamics of macrosteps has not yet been studied sufficiently.

In this paper, the step dynamics of faceted macrosteps in a reaction- (interface-) limited crystal growth/dissolution is studied theoretically by using a Monte Carlo method for the non-conserved systems. The microscopic model for this Monte Carlo study is the restricted solid-on-solid model with a point-contact step-step attraction (p-RSOS model) [4]. Here, the “restricted” means the height difference between the nearest neighbor sites is restricted to {0, ±1}. The step-step attraction is assumed to be the energy gain ε_{int} by forming a bond between the neighboring steps at the meeting point. The eminent point of this p-RSOS model is that the reliable surface tension (surface free energy per unit normal area) can be calculated at equilibrium by using the density-matrix renormalization-group (DMRG) method [5]. The polar graph of the surface tension (the Wulff figure) calculated by the DMRG method is shown in Fig. 1 [6]. A faceted macrostep is self-organizing at equilibrium because of the discontinuous surface tension resulting from the microscopic step-step attraction [6].

In the non-equilibrium steady state, we found that the height of the macrostep decreases as the driving force of dissolution increases [7]. In the step-faceting zone (Fig. 1 (a)), elementary steps detach from the faceted macrostep by way of the two-dimensional (2D) nucleation at the upper edge of the faceted macrostep on the (001) and the (111) surfaces. Near equilibrium, since the kink densities of the (001) and the (111) surfaces are few, the faceted surfaces cannot move. For the large driving force, the vicinal surface roughens kinetically.

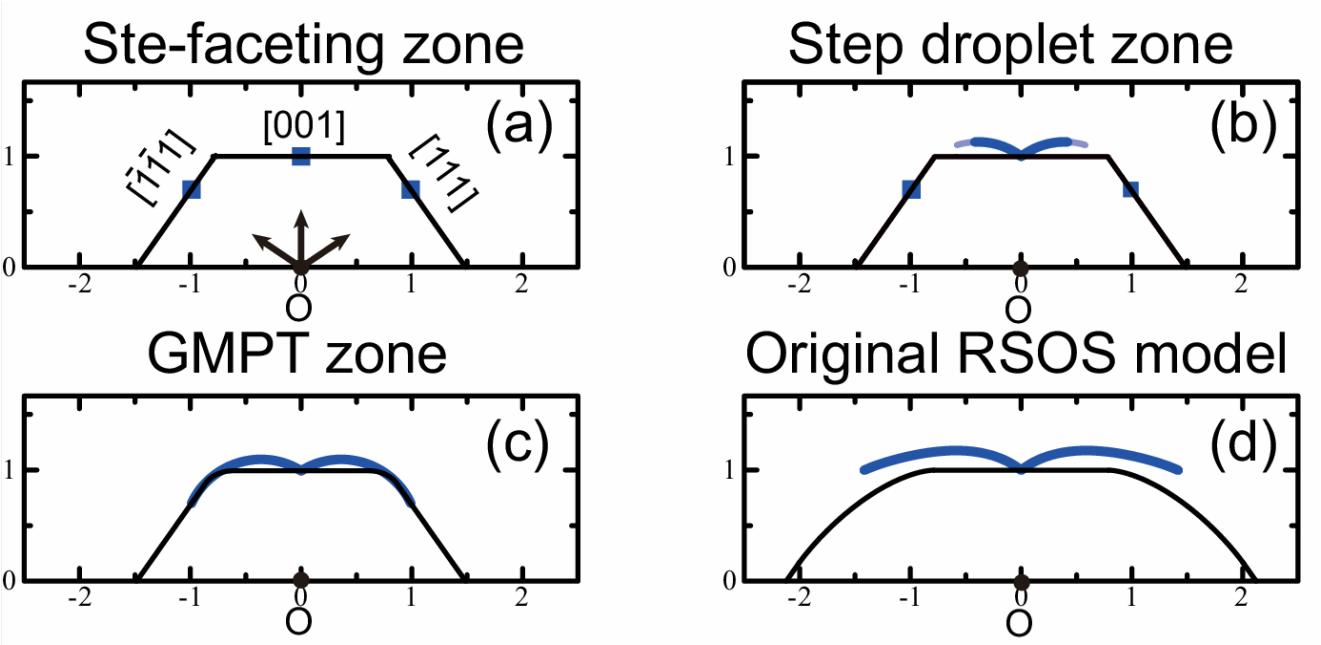
1. T. Mitani, N. Komatsu, T. Takahashi, T. Kato, S. Harada, T. Ujihara, Y. Matsumoto, K. Kurashige, and H. Okumura, J. Cryst. Growth, **423**, 45–49 (2015). A. F. Khokhryakov, Y. N. Palyanov, Y. M. Borzdov, A. S. Kozhukhov, and D. V. Shcheglov, Cryst. Growth Des. **18**, 152–158 (2018).
2. A. Pimpinelli and J. Villain, *Physics of Crystal Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998). A. L. Barabasi and H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995).
3 A. A. Chernov, Sov. Phys. USP, **4**, 116–148 (1961). T. Nishinaga, C. Sasaoka, and A. A. Chernov, Ed. I. Sunagawa, *Morphology and Growth Unit of Crystals* (Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 1989) pp. 139–151.
4. N. Akutsu, Applied Surface Science, **256**, 1205–1209 (2009); J. Phys. Condens. Matter, **23**, 485004

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2011).
5. N. Akutsu and T. Yamamoto, ed. T. Nishinaga, *Handbook of Crystal Growth*, Vol. I. (Elsevier, 2015) pp. 265–313.
6. N. Akutsu, “Profile of a Faceted Macrostep Caused by Anomalous Surface Tension,” Adv. Cond. Matter Physics, 2017, Article ID 2021510 (2017); AIP Adv., **6**, 035301 (2016).
7. N. Akutsu, Crystals **7**, 42 (2017); Phys. Rev. Materials **2**, 023603 (2018).

Fig. 1 Cross section of the Wulff figure and the equilibrium crystal shape (ECS). Thin solid lines: ECS. Thick solid lines and filled squares: polar graph of surface tension. (a) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. (b) $k_BT/\varepsilon = 0.63$. Light thin solid lines: polar graph of surface tension for metastable surfaces. (c) $k_BT/\varepsilon = 0.75$. (d) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. The original RSOS model. The figures are taken from Ref. [6].

キーワード：モンテカルロ・シミュレーション、結晶の不連続な表面張力、表面自由エネルギー、密度行列繰り込み群法、ファセット化したマクロステップ
Keywords: Monte Carlo simulation , Discontinuous surface tension of crystal, Surface free energy, Density-matrix renormalization-group method, Faceted macrosteps



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光学手法を用いた天然雪のその場観察
In-situ observation of natural snow crystals by optical techniques

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1]
*Yuki Kimura[1], Tomoya Yamazaki[1], Takao Maki, Yoshinori Furukawa[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Natural snow crystals excite our interest because of several reasons such as its beautiful geometry, its symmetricity and variety. Relationship between geometry of snow crystal and its formation environment (temperature and humidity) was investigated by Ukichiro Nakaya and has been well known as Nakaya diagram. After that, the reason of why snow crystal changes their geometry, such as platy, needle and column, with slight difference of temperature and humidity, and the growth mechanisms have been studied [e.g., Sanchez et al. *PNAS* 114 (2017) 227; Brumberg et al., *PNAS* 114 (2017) 5349]. Nevertheless, there are several questions have been remained. For instance; origin of twelve-fold snow can be explained not only by a twin but by contribution of secondary prism plane; and origin of characteristic pattern can be appeared not only by intrinsic defects but also by a result of growth.

To understand snow crystals more, we have performed in-situ observation of natural snow crystals and its sublimation/regrowth experiments in an environment controllable cell under originally designed optical systems at the base of Asahi-dake in the Taisetsu area, Hokkaido, Japan for 15 nights in total for five winter seasons from 2015 to 2019. The environment controllable cell has a Peltier cooling unit, which has a water vapor source with a heater and a chromel-alumel thermocouple on top, windows for optical observation, capillary to handle a snow crystal and a platinum resistance temperature detector for temperature measurement of the cell. The optical systems consist of the modified Mach–Zehnder-type interferometer (Maki-type laser interferometer), the Michelson-type white-light interferometer microscope with a long working distance, the optimized color-filtered optical microscopes, a polarized optical microscope and so on.

We set the optical systems in a snow-lab, which is a handmade igloo-like snow room, also works as a good sound and vibration absorber. Temperature in the Taisetsu area and inside the snow-lab are around -10 to -20°C and -5 to -13°C, respectively. Higher temperature in the snow-lab than outside is due to observers and experimental systems. One advantage of the snow-lab is maintaining the humidity close to 100% because all the walls of the snow-lab have been made of snow.

We collected snow crystals directly on a black felt just outside the snow-lab and selected a snow crystal, which was put onto a glass plate for general observations of the shape and surface textures. A snow crystal is also put onto a tip of a glass rod of 1.4 mm in diameter for the Maki-type laser interferometer. Rates for sublimation and regrowth of a snow crystal were successfully measured in thickness and lateral direction simultaneously at a certain environment, where supersaturation was controlled using the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

environment controllable cell. In addition, surface topography of both surfaces of a snow crystal, which was put onto a Y-shaped metallic holder, could be observed using the Michelson-type white-light interferometric microscope. Here, we will summarize our attempts of these in-situ observations and the results.

Acknowledgments: We thank Y. Sato, Y. Hirata, S. Nakatsubo, K. Fujita and S. Mori of the Technical Division in the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, for their help in the development of the experimental system. This study was supported partly by the Grant for Joint Research Program of the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.

キーワード：雪、その場観察、干渉計、光学顕微鏡
Keywords: Snow, In situ observation, Interferometry, Optical microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化
Visualization of local environment around forming/dissolving carbonate minerals with the fluorescent probe

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1]
*Jun Kawano[1], Kotaro Osawa[2], Takashi Toyofuku[3,4], Yukiko Nagai[4,5], Jun-ya Tanaka[6], Takaya Nagai[1]

1. 北海道大学大学院 理学研究院、2. 北海道大学　理学部、3. 海洋研究開発機構、4. 東京海洋大学、5. 国立科学博物館、6. 北海道大学大学院　理学院
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. School of Science, Hokkaido University, 3. JAMSTEC, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. National Museum of Nature and Science of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Hokkaido University

To understand the formation or dissolution mechanism of crystal in aqueous solution, it should be important to analyze the local condition of solution just around dissolving or growing crystal. Recently, we have succeeded to visualize the distribution of pH and ionic concentration around carbonate minerals dissolving in inorganic environment, by using the fluorescent probe. In the present study, we have tried to apply this technique to the formation process of calcium carbonate.
Calcium carbonate was synthesized by the counter diffusion method, in which calcium chloride and sodium carbonate solutions were counter-diffused through an agarose gel matrix containing the fluorescent probe like 8-hydroxypyrene-1,3,6-trisul-fonic acid (HPTS). We observed under a microscope that pH in the middle part of gel first increased gradually with time and turn downward after crystals formed. The counter diffusion method with gel media for the carbonate synthesis has attracted attention as a valid tool in the study of biomineralization because the calcification sites in some organisms were recently suggested to have the features of a highly viscous sol or gel matrix. Therefore, the detail observation of the local condition around forming calcium carbonate in gel matrix could provide new insights into the knowledge of biomineralization mechanisms.

キーワード：可視化、炭酸塩鉱物、pH
Keywords: Visulization, carbonate minerals, pH

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトBaMg(CO)の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果
Influence of Ammonium Nitrate on Crystallization of Norsethite from Aqueous Solution

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1]
*Itaru Echigo[1], Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda, Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、ノルセサイトは新たな音響光学素子や波長変換素子として利用できると期待することができる。しかしながら、ノルセサイトは溶解度が低く、過飽和度の制御が容易ではないため、ノルセサイトの育成は難しい。本研究では、ノルセサイトの溶解度の改善をめざし、ノルセサイトの結晶化に及ぼすNH_4NO_3の添加の効果を調べた。ノルセサイトの溶解度は純水へのNH_4NO_3の添加量が増加するにつれて増加した。またNH_4NO_3の添加量が1Mに達すると、ノルセサイトの溶解度は無添加の場合の約30倍まで向上し、その後、頭打ちとなった。次に、70°Cで生成した。沈殿物を粉末XRD測定すると、1MのNH_4NO_3を添加した場合のみ、混合直後にノルセサイトの回折ピークが検出された。この結果よりNH_4NO_3の添加によりノルセサイトの結晶化は加速することが明らかになった。以上より、我々はNH_4NO_3の添加はノルセサイトの育成に有効と結論付けた。

キーワード：ノルセサイト、水溶液成長、硝酸アンモニウム
Keywords: Norsethite, Aqueous Solution Growth, Ammonium Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察
Direct observation of zeolite nucleation from compacted bentonite under hyperalkaline condition

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3]
*Hisao Satoh[1], Mayumi Takazawa[2], Daisuke Hayashi[3], Masaya Ida[3]

1. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3. 原子力環境整備促進資金管理センター
1. Naka Energy Research Laboratory, Mitsubishi Materials Corporation, 2. Mitsubishi Materials Corporation, 3. Radioactive Waste Management Funding and Research Center

Since dissolution issue of smectite arose on engineered barrier system using bentonite (absorbent clay from shale consisting mostly of smectite) for radioactive waste repository for past several decades, smectite studies are focusing on (1) dissolution kinetics [1, 2], (2) hydraulic property of smectite in various states (gel to compacted [3]) and (3) alterations into the other clay and zeolites [4]. Former two issues are closely related to undersaturation of pore water and reactive surface area of smectite grains as a function of density. As the result, the pore water produced from locally dissolved smectite can gain the supersaturation with respect to potential secondary phases. The third one, the alteration, can finally lead the total thermodynamic system to the next equilibrium state consisting of secondary phases.

For understanding the alteration, we had carried out direct observation on pure montmorillonite and bentonite composed of montmorillonite, quartz and albite with or without minor amount of zeolite additive under Na, K and Ca hydroxide solution at 70 ˚C (pH 12.1) [2]. Two methods were used: (1) interferometric measurement of montmorillonite dissolution [2, 5]; (2) direct optical observation of new precipitations. The former gave the rate as a function of density, the latter provided information about nucleation. Sooner or later, the pore water likely attained to local equilibrium, as long as solution flow is limited by compaction.

Differed from previous result, dissolution of pure montmorillonite in the rates varied from 1E-9 (density < 0.01) to 1E-13 mol/m^2/s (density > 1.2) [2] did not always derive precipitation of secondary phases. However, the system, bentonite was not the case. Bentonite especially with minor amount of zeolite caused prominent nucleation of secondary zeolite after a long induction period (weeks) after solution-flow was shut-off.

This alteration behavior could be interpreted with heterogeneous nucleation model. Interfacial free energy, $\gamma_{S/L}$ between secondary phases and alkaline solution was evaluated by wetting angle measurements. There are two end-members such as low and high silica zeolite, those are analcime (ANA: $NaAlSi_2O_6$; Si/Al = 2.0) and clinoptilolite (CLP: $(NaKCa)_3Al_3Si_{15}O_{36}$; Si/Al = 5.0). Their $\gamma_{S/L}$ were measured to be and 50.54 and 71.31 mJ/m^2, respectively. Chemical equilibrium calculation predicts that CLP is the most stable phase in this reaction system. Microanalyses, however, identified the product as phillipsite (PHI: $(NaKCa)_4Al_4Si_{12}O_{32}$; Si/Al = 3.0) as intermediate composition between CLP and ANA or laumontite (LAU: $CaAl_2Si_4O_{12}$: Si/Al = 2.0). When PHI was seeded to the bentonite system, secondary zeolite was PHI. Also, the observed induction periods (Inl) mostly correlate with supersaturations ($1/S^2$). However, the I sometimes became longer than that by CLP seeding. Seed crystal with higher $g_{S/L}$ such like CLP has lower solubility and likely promotes PHI nucleation more than CLP itself. Fast PHI nucleation by CLP-seeding was an unusual. Direct observation could give us an interesting information. During the early observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in the presence of CLP seed recognized two-step process in which spherical objects were growing in ten times faster rate (5.6E-3 nm/s) than the later phase evolving to faceted (5.1E-2 nm/s). This may have contributed to shortening the induction. Such an amorphous phase is often observed especially at room temperature reaction.

This research is a part of the results of “Advancement of Processing and Disposal Technique for the Geological disposal of TRU Waste (FY2017)” under an entrustment from the Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) in the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan.

[1] Cama et al. (2000) GCA, 64, 2701-2717; [2] Satoh et al. (2013) Clay Min., 48, 285-294; [3] Terada et al. (2018) Mat. Res. Exp., 6, 035514; [4] Dunkel and Putnis (2014) Eur. J. Min., 26, 61-69; [5] Ueta et al. (2016) J. Nuc. Sci, Tech., 53, 184-191.

キーワード：モンモリロナイト、ゼオライト、核形成、非晶質
Keywords: Montmorillonite, zeolite, nucleation, amorphous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_43

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

水滴の結晶化理論モデル
Theoretical Model of Crystallization through Homogeneous Nucleation in Water Droplets

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2]
*Kyoko Kitakami Tanaka[1], Yuki Kimura[2]

1. 東北大学、2. 北海道大学低温科学研究所
1. Tohoku University, 2. Hokkaido University, Institute of Low Temperature Science

The crystallization process of water droplets is not only fundamentally important, but is also climate-sensitive and hence relevant to urgent problems such as climate change. However, water crystallization in environments such as cirrus clouds is difficult to explore by conventional experimental approaches. Analytical models of the crystallization process can assist our understanding of ice nucleation and predict the crystallization processes in environments that cannot be replicated in the laboratory. Experimentally, micrometer-sized droplets are known to crystallize at approximately 235 K, regardless of cooling rate and experimental method. However, the crystallization temperature of smaller (nanometer-sized) droplets suddenly drops at high cooling rates (~10^5 K/s). At very high cooling rates (10^{6-7} K/s), liquid water droplets vitrify rather than crystallize. A model that explains all of these characteristics is thus far lacking. Motivated by this knowledge gap, we construct a new model of water-droplet crystallization that evolves the homogenous nucleation and crystal growth in water droplets during cooling (Tanaka & Kimura, PCCP, 21, 2410, 2019). The crystallization process depends on the surface energy at the liquid–solid interface (which determines the liquid-to-sold nucleation rate) and the activation energy of molecular diffusion through the liquid. The model extends our previous model (Tanaka et al. J. Crystal Growth, 310, 1281, 2008) by incorporating the droplet size-dependence of the crystallization process. Especially, smaller droplets begin crystallizing later than larger droplets because they are less likely to form a nucleating center in a given time. We also try two diffusion coefficients: the diffusivity of amorphous ice (ASW) and the diffusivity of supercooled liquid (SCL) water. The model well replicated the results of previous laboratory experiments, especially, the different responses of the crystallization temperatures of the micrometer- and nanometer-sized particles as functions of cooling rate. At low cooling rates, the ASW and SCL diffusivities gave the same results for micrometer-sized particles, because these particles crystallize at temperatures around the homogenous nucleation temperature (235 K), where both diffusivities are identical. However, for nanometer-sized particles, the crystallization temperature is lower and the SCL diffusivity is more accurate than the ASW diffusivity. Calculations on small droplets also provide low-temperature information at high cooling rates, which are sparsely acquired in experiments. The critical cooling rate of vitrification was predicted as 10^{7-8} K/s with SCL diffusivity, consistent with the experimental rates.

キーワード：核生成 、 結晶成長、水、非晶質化
Keywords: nucleation, crystal growth, water, vitrification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

Mean Height of the Self-Assembled Faceted Macrosteps: Steady Crystal Growth/Dissolution in a Reaction- (Interface-) Limited Process

*阿久津 典子[1]
*Noriko Akutsu[1]

1. 大阪電気通信大学工学部
1. Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University

Faceted macrosteps are considered to play critical roles in some reaction- (interface-) limited processes of crystal growth/dissolution [1]. For the diffusion-limited crystal growth, step dynamics of macrosteps or bunched steps with rough side surfaces has been studied theoretically and experimentally [2,3]. Whereas, for the reaction-limited crystal growth/dissolution, the step dynamics of macrosteps has not yet been studied sufficiently.

In this paper, the step dynamics of faceted macrosteps in a reaction- (interface-) limited crystal growth/dissolution is studied theoretically by using a Monte Carlo method for the non-conserved systems. The microscopic model for this Monte Carlo study is the restricted solid-on-solid model with a point-contact step-step attraction (p-RSOS model) [4]. Here, the “restricted” means the height difference between the nearest neighbor sites is restricted to {0, ±1}. The step-step attraction is assumed to be the energy gain ε_{int} by forming a bond between the neighboring steps at the meeting point. The eminent point of this p-RSOS model is that the reliable surface tension (surface free energy per unit normal area) can be calculated at equilibrium by using the density-matrix renormalization-group (DMRG) method [5]. The polar graph of the surface tension (the Wulff figure) calculated by the DMRG method is shown in Fig. 1 [6]. A faceted macrostep is self-organizing at equilibrium because of the discontinuous surface tension resulting from the microscopic step-step attraction [6].

In the non-equilibrium steady state, we found that the height of the macrostep decreases as the driving force of dissolution increases [7]. In the step-faceting zone (Fig. 1 (a)), elementary steps detach from the faceted macrostep by way of the two-dimensional (2D) nucleation at the upper edge of the faceted macrostep on the (001) and the (111) surfaces. Near equilibrium, since the kink densities of the (001) and the (111) surfaces are few, the faceted surfaces cannot move. For the large driving force, the vicinal surface roughens kinetically.

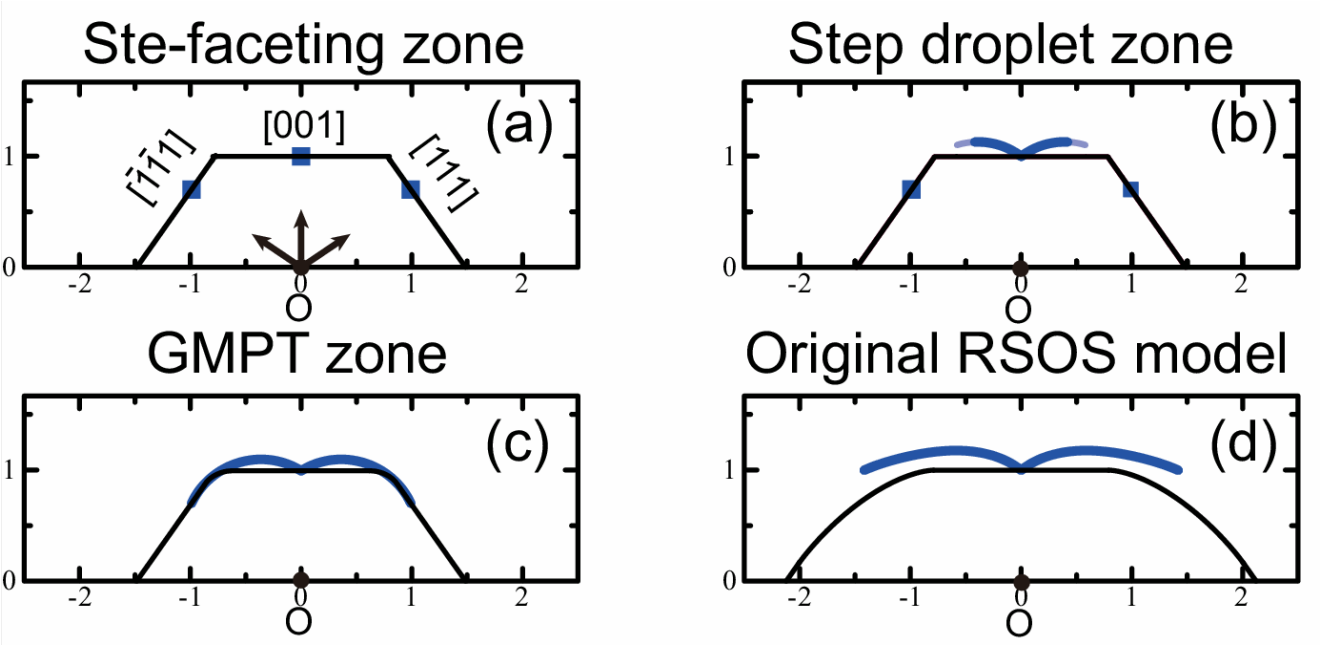
1. T. Mitani, N. Komatsu, T. Takahashi, T. Kato, S. Harada, T. Ujihara, Y. Matsumoto, K. Kurashige, and H. Okumura, J. Cryst. Growth, **423**, 45–49 (2015). A. F. Khokhryakov, Y. N. Palyanov, Y. M. Borzdov, A. S. Kozhukhov, and D. V. Shcheglov, Cryst. Growth Des. **18**, 152–158 (2018).
2. A. Pimpinelli and J. Villain, *Physics of Crystal Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998). A. L. Barabasi and H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995).
3 A. A. Chernov, Sov. Phys. USP, **4**, 116–148 (1961). T. Nishinaga, C. Sasaoka, and A. A. Chernov, Ed. I. Sunagawa, *Morphology and Growth Unit of Crystals* (Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 1989) pp. 139–151.
4. N. Akutsu, Applied Surface Science, **256**, 1205–1209 (2009); J. Phys. Condens. Matter, **23**, 485004

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2011).
5. N. Akutsu and T. Yamamoto, ed. T. Nishinaga, *Handbook of Crystal Growth*, Vol. I. (Elsevier, 2015) pp. 265–313.
6. N. Akutsu, “Profile of a Faceted Macrostep Caused by Anomalous Surface Tension,” Adv. Cond. Matter Physics, 2017, Article ID 2021510 (2017); AIP Adv., **6**, 035301 (2016).
7. N. Akutsu, Crystals **7**, 42 (2017); Phys. Rev. Materials **2**, 023603 (2018).

Fig. 1 Cross section of the Wulff figure and the equilibrium crystal shape (ECS). Thin solid lines: ECS. Thick solid lines and filled squares: polar graph of surface tension. (a) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. (b) $k_BT/\varepsilon = 0.63$. Light thin solid lines: polar graph of surface tension for metastable surfaces. (c) $k_BT/\varepsilon = 0.75$. (d) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. The original RSOS model. The figures are taken from Ref. [6].

キーワード：モンテカルロ・シミュレーション、結晶の不連続な表面張力、表面自由エネルギー、密度行列繰り込み群法、ファセット化したマクロステップ
Keywords: Monte Carlo simulation , Discontinuous surface tension of crystal, Surface free energy, Density-matrix renormalization-group method, Faceted macrosteps



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光学手法を用いた天然雪のその場観察
In-situ observation of natural snow crystals by optical techniques

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1]
*Yuki Kimura[1], Tomoya Yamazaki[1], Takao Maki, Yoshinori Furukawa[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Natural snow crystals excite our interest because of several reasons such as its beautiful geometry, its symmetricity and variety. Relationship between geometry of snow crystal and its formation environment (temperature and humidity) was investigated by Ukichiro Nakaya and has been well known as Nakaya diagram. After that, the reason of why snow crystal changes their geometry, such as platy, needle and column, with slight difference of temperature and humidity, and the growth mechanisms have been studied [e.g., Sanchez et al. *PNAS* 114 (2017) 227; Brumberg et al., *PNAS* 114 (2017) 5349]. Nevertheless, there are several questions have been remained. For instance; origin of twelve-fold snow can be explained not only by a twin but by contribution of secondary prism plane; and origin of characteristic pattern can be appeared not only by intrinsic defects but also by a result of growth.

To understand snow crystals more, we have performed in-situ observation of natural snow crystals and its sublimation/regrowth experiments in an environment controllable cell under originally designed optical systems at the base of Asahi-dake in the Taisetsu area, Hokkaido, Japan for 15 nights in total for five winter seasons from 2015 to 2019. The environment controllable cell has a Peltier cooling unit, which has a water vapor source with a heater and a chromel-alumel thermocouple on top, windows for optical observation, capillary to handle a snow crystal and a platinum resistance temperature detector for temperature measurement of the cell. The optical systems consist of the modified Mach–Zehnder-type interferometer (Maki-type laser interferometer), the Michelson-type white-light interferometer microscope with a long working distance, the optimized color-filtered optical microscopes, a polarized optical microscope and so on.

We set the optical systems in a snow-lab, which is a handmade igloo-like snow room, also works as a good sound and vibration absorber. Temperature in the Taisetsu area and inside the snow-lab are around -10 to -20°C and -5 to -13°C, respectively. Higher temperature in the snow-lab than outside is due to observers and experimental systems. One advantage of the snow-lab is maintaining the humidity close to 100% because all the walls of the snow-lab have been made of snow.

We collected snow crystals directly on a black felt just outside the snow-lab and selected a snow crystal, which was put onto a glass plate for general observations of the shape and surface textures. A snow crystal is also put onto a tip of a glass rod of 1.4 mm in diameter for the Maki-type laser interferometer. Rates for sublimation and regrowth of a snow crystal were successfully measured in thickness and lateral direction simultaneously at a certain environment, where supersaturation was controlled using the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

environment controllable cell. In addition, surface topography of both surfaces of a snow crystal, which was put onto a Y-shaped metallic holder, could be observed using the Michelson-type white-light interferometric microscope. Here, we will summarize our attempts of these in-situ observations and the results.

Acknowledgments: We thank Y. Sato, Y. Hirata, S. Nakatsubo, K. Fujita and S. Mori of the Technical Division in the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, for their help in the development of the experimental system. This study was supported partly by the Grant for Joint Research Program of the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.

キーワード：雪、その場観察、干渉計、光学顕微鏡
Keywords: Snow, In situ observation, Interferometry, Optical microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化
Visualization of local environment around forming/dissolving carbonate minerals with the fluorescent probe

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1]
*Jun Kawano[1], Kotaro Osawa[2], Takashi Toyofuku[3,4], Yukiko Nagai[4,5], Jun-ya Tanaka[6], Takaya Nagai[1]

1. 北海道大学大学院 理学研究院、2. 北海道大学　理学部、3. 海洋研究開発機構、4. 東京海洋大学、5. 国立科学博物館、6. 北海道大学大学院　理学院
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. School of Science, Hokkaido University, 3. JAMSTEC, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. National Museum of Nature and Science of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Hokkaido University

To understand the formation or dissolution mechanism of crystal in aqueous solution, it should be important to analyze the local condition of solution just around dissolving or growing crystal. Recently, we have succeeded to visualize the distribution of pH and ionic concentration around carbonate minerals dissolving in inorganic environment, by using the fluorescent probe. In the present study, we have tried to apply this technique to the formation process of calcium carbonate.
Calcium carbonate was synthesized by the counter diffusion method, in which calcium chloride and sodium carbonate solutions were counter-diffused through an agarose gel matrix containing the fluorescent probe like 8-hydroxypyrene-1,3,6-trisul-fonic acid (HPTS). We observed under a microscope that pH in the middle part of gel first increased gradually with time and turn downward after crystals formed. The counter diffusion method with gel media for the carbonate synthesis has attracted attention as a valid tool in the study of biomineralization because the calcification sites in some organisms were recently suggested to have the features of a highly viscous sol or gel matrix. Therefore, the detail observation of the local condition around forming calcium carbonate in gel matrix could provide new insights into the knowledge of biomineralization mechanisms.

キーワード：可視化、炭酸塩鉱物、pH
Keywords: Visulization, carbonate minerals, pH

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトBaMg(CO)の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果
Influence of Ammonium Nitrate on Crystallization of Norsethite from Aqueous Solution

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1]
*Itaru Echigo[1], Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda, Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、ノルセサイトは新たな音響光学素子や波長変換素子として利用できると期待することができる。しかしながら、ノルセサイトは溶解度が低く、過飽和度の制御が容易ではないため、ノルセサイトの育成は難しい。本研究では、ノルセサイトの溶解度の改善をめざし、ノルセサイトの結晶化に及ぼすNH_4NO_3の添加の効果を調べた。ノルセサイトの溶解度は純水へのNH_4NO_3の添加量が増加するにつれて増加した。またNH_4NO_3の添加量が1Mに達すると、ノルセサイトの溶解度は無添加の場合の約30倍まで向上し、その後、頭打ちとなった。次に、70°Cで生成した。沈殿物を粉末XRD測定すると、1MのNH_4NO_3を添加した場合のみ、混合直後にノルセサイトの回折ピークが検出された。この結果よりNH_4NO_3の添加によりノルセサイトの結晶化は加速することが明らかになった。以上より、我々はNH_4NO_3の添加はノルセサイトの育成に有効と結論付けた。

キーワード：ノルセサイト、水溶液成長、硝酸アンモニウム
Keywords: Norsethite, Aqueous Solution Growth, Ammonium Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察
Direct observation of zeolite nucleation from compacted bentonite under hyperalkaline condition

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3]
*Hisao Satoh[1], Mayumi Takazawa[2], Daisuke Hayashi[3], Masaya Ida[3]

1. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3. 原子力環境整備促進資金管理センター
1. Naka Energy Research Laboratory, Mitsubishi Materials Corporation, 2. Mitsubishi Materials Corporation, 3. Radioactive Waste Management Funding and Research Center

Since dissolution issue of smectite arose on engineered barrier system using bentonite (absorbent clay from shale consisting mostly of smectite) for radioactive waste repository for past several decades, smectite studies are focusing on (1) dissolution kinetics [1, 2], (2) hydraulic property of smectite in various states (gel to compacted [3]) and (3) alterations into the other clay and zeolites [4]. Former two issues are closely related to undersaturation of pore water and reactive surface area of smectite grains as a function of density. As the result, the pore water produced from locally dissolved smectite can gain the supersaturation with respect to potential secondary phases. The third one, the alteration, can finally lead the total thermodynamic system to the next equilibrium state consisting of secondary phases.

For understanding the alteration, we had carried out direct observation on pure montmorillonite and bentonite composed of montmorillonite, quartz and albite with or without minor amount of zeolite additive under Na, K and Ca hydroxide solution at 70 ˚C (pH 12.1) [2]. Two methods were used: (1) interferometric measurement of montmorillonite dissolution [2, 5]; (2) direct optical observation of new precipitations. The former gave the rate as a function of density, the latter provided information about nucleation. Sooner or later, the pore water likely attained to local equilibrium, as long as solution flow is limited by compaction.

Differed from previous result, dissolution of pure montmorillonite in the rates varied from 1E-9 (density < 0.01) to 1E-13 mol/m^2/s (density > 1.2) [2] did not always derive precipitation of secondary phases. However, the system, bentonite was not the case. Bentonite especially with minor amount of zeolite caused prominent nucleation of secondary zeolite after a long induction period (weeks) after solution-flow was shut-off.

This alteration behavior could be interpreted with heterogeneous nucleation model. Interfacial free energy, $\gamma_{S/L}$ between secondary phases and alkaline solution was evaluated by wetting angle measurements. There are two end-members such as low and high silica zeolite, those are analcime (ANA: $NaAlSi_2O_6$; Si/Al = 2.0) and clinoptilolite (CLP: $(NaKCa)_3Al_3Si_{15}O_{36}$; Si/Al = 5.0). Their $\gamma_{S/L}$ were measured to be and 50.54 and 71.31 mJ/m^2, respectively. Chemical equilibrium calculation predicts that CLP is the most stable phase in this reaction system. Microanalyses, however, identified the product as phillipsite (PHI: $(NaKCa)_4Al_4Si_{12}O_{32}$; Si/Al = 3.0) as intermediate composition between CLP and ANA or laumontite (LAU: $CaAl_2Si_4O_{12}$: Si/Al = 2.0). When PHI was seeded to the bentonite system, secondary zeolite was PHI. Also, the observed induction periods (Inl) mostly correlate with supersaturations ($1/S^2$). However, the I sometimes became longer than that by CLP seeding. Seed crystal with higher $g_{S/L}$ such like CLP has lower solubility and likely promotes PHI nucleation more than CLP itself. Fast PHI nucleation by CLP-seeding was an unusual. Direct observation could give us an interesting information. During the early observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in the presence of CLP seed recognized two-step process in which spherical objects were growing in ten times faster rate (5.6E-3 nm/s) than the later phase evolving to faceted (5.1E-2 nm/s). This may have contributed to shortening the induction. Such an amorphous phase is often observed especially at room temperature reaction.

This research is a part of the results of “Advancement of Processing and Disposal Technique for the Geological disposal of TRU Waste (FY2017)” under an entrustment from the Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) in the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan.

[1] Cama et al. (2000) GCA, 64, 2701-2717; [2] Satoh et al. (2013) Clay Min., 48, 285-294; [3] Terada et al. (2018) Mat. Res. Exp., 6, 035514; [4] Dunkel and Putnis (2014) Eur. J. Min., 26, 61-69; [5] Ueta et al. (2016) J. Nuc. Sci, Tech., 53, 184-191.

キーワード：モンモリロナイト、ゼオライト、核形成、非晶質
Keywords: Montmorillonite, zeolite, nucleation, amorphous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、座長:関根 康人(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)、臼井 寛裕

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

9:00 ~ 9:15

[MIS11-13] A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4] (1.東京工業大学 地球生命研究所、2.海洋研究開発機構、3.カリフォルニア工科大学、4.ジェット推進研究所)

9:15 ~ 9:30

[MIS11-14] 炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定

*井原 貴之[1]、城野 信一[1] (1.名古屋大学)

9:30 ~ 9:45

[MIS11-15] 初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3.海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野)

9:45 ~ 10:00

[MIS11-16] 陸惑星におけるハビタブルゾーン

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3] (1.ボルドー大学 、2.東京工業大学地球生命研究所、3.東京大学大気海洋研究所)

10:00 ~ 10:15

[MIS11-17] 海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6] (1.神戸大学、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.京都大学、5.北海道大学、6.惑星科学研究センター)

10:15 ~ 10:30

[MIS11-18] Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

★Invited Papers

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN (1.東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2.東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3.滋賀県立大学　工学部、4.国立研究開発法人産業技術総合研究所、5.奈良女子大学、6.京都産業大学)

A forward modeling of infrared reflectance spectra of asteroids

*黒川 宏之[1]、渋谷 岳造[2]、関根 康人[1]、Ehlmann Bethany[3,4]
*Hiroyuki Kurokawa[1], Takazo Shibuya[2], Yasuhito Sekine[1], Bethany L Ehlmann[3,4]

1. 東京工業大学 地球生命研究所、2. 海洋研究開発機構、3. カリフォルニア工科大学、4. ジェット推進研究所
1. ELSI, Tokyo Tech, 2. JAMSTEC, 3. Caltech, 4. JPL

The mineral assemblages on asteroids are useful to constrain the aqueous environments, the temperature (T), pressure (P), water to rock ratio (W/R), and bulk chemical composition, existed in them or in their parent bodies. Near- to mid-infrared (IR) reflectance spectroscopy of asteroids contains the information of the surficial minerals in their characteristic absorption features, spectral slopes, and overall brightness or darkness. Recent remote-sensing of asteroids by Hayabusa2, OSIRIS-Rex, and Dawn spacecrafts as well as telescopic observations by AKARI infrared space telescope provided detailed IR reflectance spectra of many types of asteroids. These observations would allow us to discuss the diversity of asteroids in their principle parameter space of paleo-aqueous environments: T, P, W/R, and the bulk chemical compositions. This study aims to connect the observed IR spectra of asteroids to the original bulk compositions and T-Pconditions of them or their parent bodies. We performed a series of chemical equilibrium calculations to obtain the mineral compositions. We computed the model IR reflectance spectra from the obtained mineral compositions. The chemical equilibrium calculations assumed the rocky bulk compositions of CV chondrites. We treated W/R as a parameter (0.2-10). We fixed the relative abundance of volatiles to water. The model IR reflectance spectra were calculated by adopting the radiative transfer theory for granular surfaces. The reflectance of a model mineral assemblage was computed from the weighted average of the single scattering albedos (SSAs) of endmembers. We found that the model reflectance spectra vary according to the equilibrium mineral compositions. Reducing W/R led to the darkening in overall reflectance as the dominant minerals change from bright carbonate to serpentine, gibbsite, and dark phases: pyrite, troilite, magnetite, and organics. The change in the dominant phase is visible in the characteristic absorption features: carbonate at 3.5 micro m and 4.0 micro m and serpentine at 2.7-2.8 micro m. We note that, though carbonate has a broad absorption from 2.7 to 3.2 micro m, the absorption feature of serpentine is sharp and distinguishable.Ammonia-bearing saponite more than a few wt.% shows its characteristic absorption feature at 3.1micro m in the reflectance of mixture. In this presentation, we discuss the implications for Haybusa2 and AKARI observation results.

キーワード：小惑星、近赤外スペクトル
Keywords: Asteroids, Near-infrared spectra

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

炭酸塩コンクリーションにおける形成メカニズムと形態条件の推定
Estimation of formation mechanism and morphological condition in calcite concretion

*井原 貴之[1]、城野 信一[1]
*Takayuki Ihara[1], Sin-iti Sirono[1]

1. 名古屋大学
1. Nagoya University

地層中において特定の物質が沈殿し、それが濃集した団塊をコンクリーションという。火星探査機オポチュニティによりメリディアニ平原でコンクリーションが発見された。火星で発見されたコンクリーションはブルーベリーと呼ばれ、球状で組成は酸化鉄が主体となっている。それによく似たコンクリーションがアメリカのユタ州ナバホ砂岩層、モンゴルのゴビ砂漠で発見されている。それらは鉄コンクリーションと呼ばれている。鉄コンクリーションとブルーベリーはともに酸化鉄の球殻の構造を持っており、非常に似ている。[1]はユタとゴビの鉄コンクリーションの形成メカニズムを調べるためにフィールドワークおよび元素マップの解析を行った。その結果、次のような球状鉄コンクリーションの形成メカニズムを[1]は示した。まず先駆物質として地層中に球状炭酸塩コンクリーションが何らかのメカニズムで形成される。次に鉄イオンが含まれている酸性地下水がそこに流れ込んで、炭酸カルシウムと反応し、球殻状に鉄が沈殿する。さらに火星の鉄コンクリーションも同様のメカニズムではないかと[1]は示した。しかし先駆物質となる球状炭酸塩コンクリーションの形成メカニズムは分かっていない。その形成メカニズムを明らかにすることが出来れば地球と火星の古環境に制約を与えることができる。

球状炭酸塩コンクリーションは風成層で形成される。風成層の炭酸塩コンクリーションは球状、板状、魚卵状(球状が集まったような状態)といった３つの形態で産出される。その形成メカニズムおよび形成条件を室内実験で明らかにすることを目的とする。今回は現状の実験および解析報告をする。ユタ州で採集した砂に炭酸カルシウムを蒸発により析出させる。その際、炭酸カルシウム水溶液の溶解度を大きくするため、溶媒にCO_2を吹き込む。そうすることで溶媒中に$Ca(HCO_3)_2$を作る。それを蒸発させることで砂の層中に$CaCO_3$を析出させコンクリーションを生成する。砂の平均粒径は150μmである(Kawakami 2015)。 地球で発見されているコンクリーションの最小の大きさは直径数mmであり[2]、その大きさの作成を目標に実験を行っている。 パラメーターとして$CaCO_3$濃度と蒸発速度を変化させている。実験でできた層中の炭酸カルシウムを解析するためにX線CTを用いる。X線CT画像で炭酸カルシウムと砂を判別できるか調べるために砂層中に炭酸カルシウムが沈殿した場合の模擬実験を行った。ユタ州ナバホ砂岩層の砂岩を乳鉢で砂の状態にしたもの数gと炭酸カルシウム数mgの塊を混ぜ、模擬試料を作成した。X線CT実験の結果、解像度0.019mm/pixelで大きさ0.50mmの炭酸カルシウム塊が判別可能である事を確認した。炭酸カルシウムと砂は密度が近い値なので、炭酸カルシウムが砂の平均粒径150μmより十分な大きさでないと判別出来ない事も分かった。

今後は、実験で作成した試料を解析するとともに、実験のパラメーターを$CaCO_3$濃度、蒸発速度だけでなく砂の充填率を加え様々な条件で実験を行おうと考えている。そうすることで、風成層における炭酸塩カルシウムコンクリーションの形成メカニズムと形態条件を推定できる。

[1] Yoshida et al.(2018) Science Advances Vol.4, no.12;[2]Sally Latham Potter.2009 Chracteization of navajo sandstone hydrous ferric oxide concretions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：球状炭酸塩コンクリーション
Keywords: Spherical calcite concretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期火星ゲイルクレータ周辺の地下水循環と水-岩石反応の復元
Reconstructing groundwater hydrology and water-rock reactions around Gale Crater on early Mars

*野田 夏実[1,2]、関根 康人[1]、丹 秀也[1,2]、渋谷 岳造[3]、玄田 英典[1]
*Natsumi Noda[1,2], Yasuhito Sekine[1], Shuya Tan[1,2], Takazo Shibuya[3], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、3. 海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 3. Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

火星では、過去に液体の水が表層付近に存在した地質的・地球化学的証拠が数多く得られてきた。一方、初期火星の気候や水の存在量の観測事実に基づく復元は難しい。火星探査車キュリオシティは、ゲイルクレータ内に残された約38~35億年前の湖底堆積物の鉱物・化学組成のその場分析を可能としており(e.g. Grotzinger et al. 2015, Rampe et al. 2017)、これを解釈することは水・物質循環を介して記録された堆積当時の気候や環境の理解に繋がると期待される。例えば、堆積岩中にマグネタイトやヘマタイトといった鉄酸化物やシリカに富む層準が存在することが明らかになった(Hurowitz et al. 2017)。これらの鉄酸化物やシリカは、鉄イオンや溶存シリカに富む地下水あるいは地下熱水がクレータ内に湧昇し、溶存成分が沈殿することで形成した可能性も考えられる。しかしながら、火星の地下水圏を含めた水循環を扱う研究は乏しく、地下水湧昇をもたらすための気候や水量の条件は明らかとなっていない。また、火星の地下水の化学的性質、特にシリカや二価鉄の溶存濃度の支配要因は制約されていない。

そこで本研究では、3次元水循環モデルを火星に初めて適用し、地下水が湧昇する条件を制約した。また、火星模擬岩石を用いた室内実験に基づき、地下水の溶存組成を推定した。得られた結果に基づき、地下水湧昇によるシリカや二価鉄の供給フラックスを制約し、堆積記録が意味する気候や水量、ハビタビリティを議論した。

水循環モデリングでは、表層流及び地下水流を統合した3次元流体シミュレーションが可能である”GETFLOWS”を用いた。重力可変機構を施すことで初めて火星に応用し、ゲイルクレータ古湖周辺の水循環を再現した。その結果、湖の分布や地下水流動は、蒸発量の大小に従う2つのモードとして表されることを発見した。蒸発量が多い条件では、地下水湧昇がおこることでゲイルより標高の高い周囲でも湖が散見されるモードとなる。一方、蒸発量が少ない条件では、領域内で最も標高が低い地点にのみ湖が形成されるモードとなる。地質記録に残されたゲイルクレータ内の閉鎖湖及び周囲の湖の存在は、前者のモードで良く説明される。そのため、本研究の結果は、（半）乾燥気候と浅い地下水頭分布を支持する。このような乾燥気候では、地下水湧昇が引き起こされ、当時の地温勾配から、この地下水は周囲の地殻との熱水-岩石反応を経たと推定される。

次に模擬岩石を用いた熱水-岩石反応実験を火星地下の温度圧力条件で行い、シリカや鉄の溶存濃度の支配要因を制約した。模擬岩石は着陸探査から示唆されたゲイルクレータ周辺の地殻組成に基づいて合成し、熱水実験はディクソン型熱水装置を用いて行った。200℃での熱水反応を経て生成した二次鉱物として、アナルサイム、クォーツ、アルバイト、サーペンティン、サポナイト、炭酸塩が検出された。熱水流体中の溶存シリカ濃度(1–10 mM)はクォーツの溶解平衡に従うこと、また鉄濃度(~10^{-3} mM)は炭酸塩(シデライト)の溶解平衡に従うことが示唆された。

以上の水循環モデルと熱水実験の結果を組み合わせて、SiO_2やFe^{2+}が地下水湧昇に伴いゲイルクレータに供

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

給されるフラックスを推定した。シリカの供給は堆積速度で1火星年あたり~0.02–0.2 mmに相当し、湖底堆積物中に観られるラミナ(Grotzinger et al. 2015)が年縞である可能性を示唆した。この場合、温暖な堆積環境が~10^5 年もの間維持されたことを意味する。また、地下水湧昇が供給する鉄から、酸化鉄が析出し、水素が大気に供給されたかもしれない。本結果は、ゲイルをはじめとする赤道域の深いクレータが、熱水ー岩石反応を経た地下水が湧昇し、水と物質を地表へ供給する場所として、初期火星環境において重要な場であった可能性を示唆した。

キーワード：火星、熱水実験、水循環モデル
Keywords: Mars, Hydrothermal experiment, hydrologic model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸惑星におけるハビタブルゾーン
Habitable zone for a land planet

*小玉 貴則[1]、玄田 英典[2]、大石 龍太[3]、阿部 彩子[3]
*Takanori Kodama[1], Hidenori Genda[2], Ryouta O'ishi[3], Ayako Abe-Ouchi[3]

1. ボルドー大学 、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 東京大学大気海洋研究所
1. University of Bordeaux, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

系外惑星系におけるハビタブル惑星の議論のほとんどは、全球的に多くの水量をもつ地球のような惑星について議論されている。水を保持する惑星が強い太陽放射を受け取った場合、惑星表面の液体の水は全て蒸発してしまい、暴走温室状態へと気候が遷移する。この時の惑星が受け取る太陽放射を暴走温室限界と呼ぶ。また、恒星から遠い惑星は受け取る太陽放射が小さいため、表面の水は凍ってしまい、全球凍結状態に陥る。その時の惑星が受け取る太陽放射を凍結限界と呼ぶ。暴走温室限界と凍結限界の間の領域は液体の水が惑星表面に長期間安定に維持される領域であり、ハビタブルゾーンと呼ばれている。

Abe et al. (2011)は、３次元大気大循環モデル(GCM)を用いて、惑星の保持する水量に焦点を当て、暴走温室限界と凍結限界を調べ、水量の異なる惑星のハビタブルゾーンを見積もった。その結果、地球のような惑星に比べ少ない水を保持している惑星の方が広いハビタブルゾーンをとることを示した。彼らが検討した水量のレンジは全球20[cm]から60[cm]と狭いため、惑星の水分布と気候の関係を十分に理解できなかった。

我々は、地球サイズの惑星のおける様々な表層水分布を仮定し、３次元大気大循環モデルを用いて、暴走温室限界と凍結限界への水分布の影響を調べた。水分布は、経度に一様な水分布を仮定した。背景大気として現在の地球と同じ大気組成からなる１barの大気を仮定した。
結果として、惑星の水分布により、暴走温室限界と凍結限界共に、連続的に変化することがわかった。また、両限界についても、大気循環により表層状態が大きく影響を受け、両限界を決めていることがわかった。発表では、これまでの我々の結果と合わせて、水分布とハビタブルゾーンの関係をまとめる。

キーワード：陸惑星、ハビタブルゾーン
Keywords: Land planet, Habitable zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海惑星気候の太陽定数依存性の研究: 灰色大気の吸収係数が大きい場合における海洋熱輸送の影響

A study on the dependence of ocean planet climate on solar constant: influence of oceanic heat transport in the case of large absorption coefficients of gray atmosphere

*河合 佑太[1,2]、高橋 芳幸[1]、石渡 正樹[5]、中島 健介[3]、竹広 真一[4]、樫村 博基[1,6]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、林 祥介[1,6]
*Yuta Kawai[1,2], Yoshiyuki O. Takahashi[1], Masaki Ishiwatari[5], Kensuke Nakajima[3], Shin-ichi Takehiro[4], Hiroki Kashimura[1,6], Seiya Nishizawa[2], Hirofumi Tomita[2], Yoshi-Yuki Hayashi[1,6]

1. 神戸大学、2. 理化学研究所計算科学研究センター、3. 九州大学、4. 京都大学、5. 北海道大学、6. 惑星科学研究センター
1. Kobe University, 2. RIKEN Center for Computational Science, 3. Kyusyu University, 4. Kyoto University , 5. Hokkaido University, 6. Center for Planetary Science

1. イントロダクション

水が存在する惑星で実現される気候の多様性や安定性を明らかにするために, 我々の研究グループでは理想化した惑星の気候を数値的に探索してきた. Ishiwatari et al. (2007) (以後, INTH07 と書く)では, 3 次元大気大循環モデルを用いて沼惑星における気候の太陽定数依存性を調べた. このとき, 海洋熱輸送は考慮しなかった. 海洋熱輸送も気候に寄与し得るため, 例えば Rose (2015) (以後, R15 と書く)は大気海洋海氷結合モデルを駆使して全球が海で覆われた惑星(海惑星)の気候を調べている. R15 の得た結果は, 気候の安定性に対する海洋熱輸送の重要性を示している. 我々も最近, INTH07 の研究の発展として, 大気海洋海氷結合モデルによる海惑星気候の太陽定数増減実験を行った. 海洋大循環を表現すると大気場に明瞭な変化が生じたが, 氷線の変位は小さく, 気候レジーム図(太陽定数と氷線緯度の関係図)はあまり変化しなかった. この理由として, INTH07 の灰色大気設定では太陽定数に対する温度変化が, R15 の設定と比べて小さいことが関係する可能性が考えられた. そのため, 灰色大気の吸収係数を大きくした場合の海惑星気候の太陽定数増減実験を実施した. 本発表ではその初期的結果を示す.

2. モデルと実験設定

使用するモデルは, 我々が構築した大気海洋海氷結合モデルである. 大気モデルは DCPAM であり, 3 次元プリミティブ方程式系が解かれる. 大部分の大気設定は INTH07 と同じであるが, 灰色大気放射スキーム (Nakajima et al., 1992)における水蒸気と非凝結成分に対する吸収係数をそれぞれ 1×10^{-1}, 1×10^{-5} [m^2/kg] とする. 海洋海氷モデルは, 東西平均した 2 次元モデルある. 海洋モデルでは静力学ブジネスク方程式系が解かれ, メソ渦や対流による混合はパラメタリゼーションで表現する. 海氷モデルは鉛直 1 次元熱力学モデルであり, 水平拡散により輸送を表現する. 表面アルベドの表面温度依存性は, 263 K 以下で 0.5, それ以上で 0 とし, 格子内の温度分布を考慮して与える. 海洋熱輸送の効果を評価するために, 上記の結合モデルによる実験(dynamic ocean 実験)に加え, 海洋混合層の熱容量のみを考慮する海洋モデルに変更した実験(slab ocean 実験)も行う. 大気モデルの解像度は 64x32x16 (T21L16) に設定する. 海洋モデルの解像度は南北 64 点・鉛直 60 層, 海氷モデルの解像度は南北 64 点である. 初期値は基本的に 280 K 等温の静止した大気海洋であるが, 部分凍結解等を初期値にした実験も行う. 時間積分は slab ocean 実験で約 300 年間, dynamic ocean 実験では結合モデルによるランと海洋海氷モデル単体によるランを交互に繰り返す方法で約 3 万年間実施する.

3. 結果

水蒸気の吸収係数を大きくした結果, 気候レジーム図の特徴は大きく変化した. 始めに dynamic ocean 実験の結果を記述する. 部分凍結解が得られる太陽定数は, 約 1040 W/m^2 から1055 W/m^2 となった. INTH07 の大

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

気設定よりも部分凍結解が得られる太陽定数は全体的に 300 W/m^2 小さくなり, その範囲はかなり狭まった. さらに, 初期に280 K の等温大気を与えた場合には, S=1070 W/m^2 で暴走温室状態に至ることも確認された. 大氷冠不安定が生じる緯度範囲は INTH07 の大気設定に比べて広い. 緯度 40 度よりも低い部分凍結解は見つかりにくいが, 初期条件や太陽定数の与え方を工夫した特定の条件では, 30 度付近に氷線を長期間維持する解が見つかる. R15 と類似した, 部分凍結解のブランチの分断が起きている可能性もあり, その存在を慎重に検証する必要がある. slab ocean 実験では部分凍結解は存在できず, dynamic ocean 実験で得られた部分凍結解は海洋熱輸送によって安定に維持されていることが想像される. ただし, 今回の実験設定は R15 と同程度に太陽定数に伴う温度変化が大きく, 部分凍結解が存在できるパラメータ範囲が潜在的にかなり狭い. そのため, 結果はモデルの解像度や定式化の影響を受けやすい. 今後の課題として, 吸収係数を少し振った実験によって, 今回得られた結果の蓋然性を調べる必要があるだろう.

キーワード：海惑星、気候の太陽定数依存性、大気海洋海氷結合モデル
Keywords: ocean planet, dependence of climates on solar constant, a coupled atmosphere-ocean-sea ice model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Water cycle and its evolution: High-speed H_2O transport to upper atmosphere on Mars

*中川 広務[1]、青木 翔平[1]、吉田 奈央[1]、寺田 直樹[1]、今村 剛[2]、小郷原 一智[3]、神山 徹[4]、安藤 紘基[6]、野口 克行[5]、宮本 明歩[1]、高見 康介[1]、村田 功[1]、笠羽 康正[1]、IUVS team MAVEN
*Hiromu Nakagawa[1], Shohei Aoki[1], Nao Yoshida[1], Naoki Terada[1], Takeshi Imamura[2], Kazunori Ogohara[3], Toru Kouyama[4], Hiroki Ando[6], Katsuyuki Noguchi[5], Akiho Miyamoto[1], Kosuke Takami[1], Isao Murata[1], Yasumasa Kasaba[1], IUVS team MAVEN

1. 東北大学　大学院理学研究科　地球物理学専攻太陽惑星空間物理学講座　惑星大気物理学分野、2. 東京大学　大学院新領域創成科学研究科、3. 滋賀県立大学　工学部、4. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、5. 奈良女子大学、6. 京都産業大学
1. Planetary Atmosphere Physics Laboratory, Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Graduate school of Frontier sciences, University of Tokyo, 3. University of Shiga prefecture, 4. The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. Nara Women's university, 6. Kyoto Sangyo university

It is believed that Mars underwent drastic climate change, changing its environment from warm and wet to cold and dry. This gives rise to the idea that Mars may have hosted life in the past, and indeed, may do so even today. Atmospheric and water evolution is thus an important key to understanding the history of Martian habitability. Mars must somehow have lost most of its atmosphere and water. The evolution of the Mars environment is thought to have proceeded by some combination of atmospheric escape to space and surface-subsurface adsorption. Especially, a lack of global magnetic field on Mars must have a significant impact to the atmospheric escape. The upper atmosphere is the primary reservoir for atmospheric escape. Owing to the technical difficulties associated with observations, datasets of the upper atmosphere are limited. However, the last decade has seen a renewed interest in the upper atmosphere, thanks to the aggressive explorations by the Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), Mars Express(MEX), and Mars Volatile Evolution (MAVEN) missions. Recent studies have highlighted various interesting facts related to the efficient of material/water transport from the lower to upper atmospheric reservoir which have an impact on the atmospheric escape or evolution.

High-altitude (above 60 km) H2O was first identified by SPICAM occultations [Maltagliati et al., 2011, 2013] in the southern summer, which happens to be a dusty season at a solar longitude of 240 degree or later. Chaffin et al. [2017] demonstrated that the high-altitude H2O can considerably increase H escape on the weekly timescale, which can potentially explain the observations. Purpose of this study is to clarify the mechanism for upward transport of H2O into the upper atmosphere and formation of the detached layer of H2O and aerosols, by using multi-spacecraft dataset in order to cover whole altitude range from lower to upper atmosphere.

Here we report the detection of an extensive layer of warm air at altitudes 70-100 km on the night side that we interpreted as the result of combinations of aerosol heating, thermal tides, and/or global circulation. Such a strong warm layer for which the current models have no explanation can maintain temperature to evaporate water ice adsorbed on the aerosols and can form the detached layer of water vapor. We also measured the mesospheric distribution sub-micron aerosols is abundant than our expectation at altitudes 70-100 km. Such a detached layer of aerosol can potentially explain the warm layer, and this implies the importance of aerosols for key processes in the Martian water cycle and climate as a whole. The remarkable heating at altitudes 70-80 km was also confirmed by our dedicated

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ground-based observations during global dust storm 2018. The new pathway of water loss proposed by this implies much higher loss to space, in addition to the diffuse-limited escape of H2.

キーワード：火星、水、ハビタビリティ、散逸、超高層大気
Keywords: Mars, water, habitability, escape, upper atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] リュウグウ母天体の水-岩石反応

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1]
*Takufumi Chida[1,2], Yasuhito Sekine[1], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Observations of lakes, surface modification by fluvial activities, and cloud formation all indicate that Saturn’s moon Titan has the only active hydrological cycles known besides Earth [1]. Hydrocarbons such as methane and ethane condense out of a nitrogen-rich thick atmosphere, and precipitate onto the surface [1]. Methane observed in the atmosphere is continuously destroyed and lost by processes such as photolysis and direct escape [1]. Thereby, the persistence of the methane in the atmosphere is dependent on the availability of a hidden methane reservoir, resupplying the lost methane from the surface [1]. Quantifying the volume of the potential sources of methane resupply is one of the key questions of Titan’s hydrological cycles [1].

Previous studies on remote-sensing observations of Titan’s surface show that the elevations of some lakes and seas located near the north pole are constant from summer to early winter (corresponding to several Earth’s years) within the observational errors, implying a connection with a mutual ground-methane table [2]. The preference of clouds at mid-latitudes over high-latitudes suggests that while surface methane is only observed at high latitudes, there may be a significant subsurface methane table at mid-latitudes that is available for exchange with the atmosphere [3]. The influence of subsurface flow on the hydrological cycle has been studied using a two-dimensional (2D) hydrological model, which treats the subsurface as one box at each location [4]. Thus, the 2D models cannot determine the subsurface hydraulic connection among lakes and oceans. They also cannot quantify the total volume of the subsurface methane reservoir, therefore being unable to estimate the extent of the methane-based hydrological cycles.

Here, we calculate the methane-based hydrological cycles using a surface-subsurface coupled three-dimensional hydrological simulator “GETFLOWS”. GETFLOWS calculates surface and subsurface flows in a three-dimensional corner-grid blocks using Darcy’s law, law of mass conservation, and Manning’s equation. The main input parameters are (1) topography, (2) precipitation and evaporation rates, (3) permeability and porosity of the subsurface, and (4) levels of ground-methane table (i.e., the total methane volume in the subsurface). The topographic data was derived by interpolating the data obtained from the Cassini RADAR using the inverse distance weighting method [5]. The precipitation and evaporation data were applied from previous calculation results using general circulation model (GCM), which show good agreements of cloud formation and distribution with the observations [3,6]. The porosity and permeability values were estimated from the observations of the size of the icy grains on Titan’s surface [7]. Using this model, we constrain the ground-methane table through reproducing the size and distribution of the lakes and oceans on Titan’s surface as well as seasonal changes in their elevation. We discuss (1) whether the lakes and seas in the north-pole regions are hydraulically connected to the groundwater table, (2) what volume of subsurface liquid methane is active in the hydrological cycles, and (3) whether there is a subsurface transport of methane from the high to the low latitudes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] Hayes et al., (2018) Nat. Geosci., 11, 306-313

[2] Hayes et al., (2016) Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 44, 57-83

[3] Turtle et al., (2018) Geophysical Research Letters, 45, 5320-5328

[4] Horvath et al., (2016) Icarus, 277, 103-124

[5] Corlies et al., (2017) Geophysical Research Letters, 44, 11, 754-11,761

[6] Faulk et al., (2017) Nat. Geosci., 10, 827-831

[7] Brossier et al., (2018) JGR Planets, 123, 1089-1112

キーワード：タイタン、メタン循環
Keywords: Titan, Methane-based hydrological cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1]
*Ryusuke Nishitani[1], Atsushi Tani[2], Sho Sasaki[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻
1. Department of Earth and Space Sciences, School of Science, Osaka University, 2. Graduate School Human Development and Environment, Kobe University

Investigation of Enceladus plume by Cassini spacecraft showed not only the existence of a subsurface ocean but also ocean included some salts. On the earth, it is known that sea ice includes brine into grain boundary. Similarly, icy shell of Enceladus seems to include sea water. Inclusion of sea water could cause partial melt in icy layer and could affect the geology and thermal evolution. Cox and Weeks (1975) showed that the effective partition coefficient, the ratio of concentration of sodium chloride in formed ice to that in residual liquid, depended on ice growth velocity. While, Gross et al., (1977) reported forced convection made partition coefficient low. To quantify the amount of brine included into icy shell under various condition, we investigated a partition coefficient of sodium chloride to ice by experiment and simulation.

As an experimental apparatus, unidirectional growth method used by Muraoka et al., (2016) was applied. With this method, plate-like ice can be formed in a cell and growth velocity can be controlled by controlling temperature. Ice was formed at a speed between cm/s in 5 % sodium chloride solution. As a result, effective partition coefficient of sodium chloride to ice was 1 approximately at all ice growth velocity.

To evaluate this value, ice growth in sodium chloride solution was simulated by voronoi dynamics simulation suggested by Kawano and Ohashi (2008). When ice grew under the same condition with the experiment, effective partition coefficient was 1 approximately. Next, we introduced Sherwood number into the simulation. It was found that higher Sherwood number made the effective partition coefficient lower. These results indicate that effective partition coefficient reflects condition of convection. When ice grow velocity is faster than diffusion of sodium chloride, effective partition coefficient is near 1. Since convection was not occur in this experiment, the effective partition coefficient was near 1.
In subsurface ocean of Enceladus, effective partition coefficient might be low due to convection, but in crack like tiger stripe, effective partition coefficient might be high because ice growth velocity seems to be high.

キーワード：エンセラダス、ブライン、有効分配係数
Keywords: Enceladus, brine, effective partition coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3]
*Shuya Tan[2,1], Yasuhito Sekine[2], Tetsuya Hama[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, the University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The ice-rich surface of Europa is known to be irradiated with high-energy particles, such as electron, accelerated by the Jovian strong magnetic field (e.g., Paranicas et al., 2009). The high-energy particle irradiations could have caused particular chemical reactions on the surface, possibly including dissociation of H_2O and subsequent oxidation of surface salts, such as chlorides and sulfates/sulfides (e.g., Carlson et al., 2009; Hand et al., 2011). In addition, sputtering of the surface ice and salts by high-energy particles is proposed to be a major source of the tenuous atmosphere on Europa (e.g., Johnson et al., 2009; Brown and Hill, 1999). However, the detailed chemical reactions on Europa’s surface have been poorly constrained.

Here we construct a novel experimental system for irradiation of electron onto ice and salt (e.g., chloride: NaCl and $MgCl_2$) mixtures at low temperatures. Laboratory experiments on electron irradiation onto NaCl salt have been conducted at low temperatures corresponding to Europa’s surface (e.g., Hand and Carlson, 2015). However, no experiments have been performed to simulate the irradiation of electron onto ice and salt mixtures on Europa. Upon electron irradiation onto ice and chloride mixtures, chloride may be oxidized into perchlorate salts. If the surface materials are provided into the subsurface ocean through crustal recycling (e.g., Hand et al., 2007), perchlorate would become an important oxidant to generated redox disequilibria in the ocean. We report preliminary results on the electron irradiation experiments using the newly-constructed system.

キーワード：照射実験、エウロパ、化学進化
Keywords: Irradiation experiment, Europa, chemical evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リュウグウ母天体の水-岩石反応
Water-rock reactions in the parent body of Ryugu

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5]
*Takazo Shibuya[1], Yasuhito Sekine[2], Sakiko Kikuchi[1], Keisuke Fukushi[3], Tomoki Nakamura[4], Sei-ichiro WATANABE[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京工業大学、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. Nagoya University

The recent remote-sensing observation by Hayabusa2 is providing a large amount of data to unravel the origin of Ryugu. The Near Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Haybusa2 revealed that the IR reflectance of the global surface of Ryugu is extremely low (~0.02) and the spectra include small but clear absorption at 2.72 μm. These findings indicate the great abundance of dark materials and the subordinate amount of hydrous minerals in the surface, respectively. These materials on Ryugu are important clues to constrain the conditions of aqueous alteration such as the temperature experienced by the parent body and the original volatile compositions during accretion stage. In this work, we conducted thermodynamic modeling of chondrite-water reactions under various conditions to establish a model explaining the aqueous alteration of the parent body. In the thermodynamic calculations, a mean composition of CV chondrites was assumed for the initial bulk rock (minor amount of carbon, nitrogen and chlorine are also included) (Pearson et al., 2006; Clay et al., 2017). For the initial fluid, four cases were assumed; CO_2 concentration is 0, 1, 3 and 10 mol% (Cases 1–4, respectively) relative to water while the latter three cases also include NH_3 (0.5%) and H_2S (0.5%) additionally (Mumma and Charnley, 2011). The equilibrium temperature and pressure were assumed to be 0, 100, 200, 300 and 350 ˚C, and vapor pressure of water. In the calculations, pyrene was considered as a representative of polycyclic aromatic hydrocarbon while C1 compounds except CH_4 were included as soluble species (Zolotov, 2012).
The calculations showed that stabilities of hydrous/anhydrous minerals, carbonate, pyrene change with temperature and W/R value. In Case 1 (CO_2-free), the altered chondrite consists of serpentine, troilite and subordinate amount of hydrous/anhydrous minerals (e.g., magnetite, saponite, gibbsite and chlorite) at 0–300 ˚C. However, with increasing temperature above 300 ˚C, olivine and clinopyroxene become major phases as the amounts of serpentine, chlorite and magnetite decrease. At 350 ˚C, olivine becomes the most abundant minerals in conjunction with disappearance of serpentine. Similar temperature dependencies of hydrous mineral stabilities were also shown at low W/R in Cases 2–4 (CO_2 =1–10%) whereas carbonate is predominant at high W/R. Although the total amount of hydrous minerals in the surface of Ryugu is still unconfirmed, the calculation results suggest that the temperature of hydrothermal reactions experienced by Ryugu is lower than approximately 300 ˚C if a certain amount of hydrous minerals are present in the surface rocks. In contrast, if the amount of hydrous minerals is relatively small, higher temperatures (>350 ˚C) may account for the observed IR spectra. In this case, the parent body may have undergone high-temperature hydrothermal reactions that could occur in relatively large body. Otherwise, it is also possible that the parent body underwent instantaneous high-temperature events such as impacts after the aqueous alteration.Regarding the discriminating darkness of Ryugu, pyrene and/or magnetite are considered as the abundant dark materials on the surface of Ryugu in the predicted alteration minerals (pyrene is not dark by itself but can be altered to dark organic matter through geologic time). Especially, pyrene can be consolidated through reduction of CO_2in Cases 2–4 because of water-chondrite reactions generate abundant H_2. These solid phases are minor or absent at high W/R where carbonate is predominant but the sum of them exceeds several % at low W/R because

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

water-chondrite reactions at low W/R generate abundant hydrogen. Therefore, the results indicate that the altered chondrites broadly become darker with decreasing W/R. However, if the water-chondrite reactions start under H_2-rich condition, the CO_2 in the fluid would be effectively reduced to form organic materials (Cases 2–4) even at high W/R, which also potentially contribute the low reflectance of Ryugu.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

STXMによるALH 77307中の有機物分析
Investigation of the organic matter in ALH 77307 by STXM

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1]
*Hiroki Suga[1], Motoo Ito[2], Yoko Kebukawa[3], Matthew A Marcus[4], Takuji Ohigashi[5], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 横浜国立大学 大学院工学研究院、4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5. 分子化学研究所　極端紫外光施設
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 3. Faculty of Engineering, Yokohama National University, 4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory, 5. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science

Organic matter (OM) is one of the most important building blocks of the solar system, it contributes to the planetary evolution and relates to the origin of life. The primitive OM is preserved in the carbonaceous chondrites (CCs), comets, and interplanetary dust particles. However, it is difficult to understand that what is the primitive OM (*e.g.,* information of it such as chemical composition and occurrence). Therefore, various candidates and formation process of OM has being discussed still. Here, we focused on the one of the most pristine CCs, ALH 77307 (petrological type 3.03: less altered). Primitive OM in its matrix and chondrule rim phases were explored using X-ray microscopic analysis. The aim of this study is to find primitive OM in the most primitive CCs.

First, matrix and chondrule rim phases were identified by SEM-EDS elemental imaging. Then, the ultra-thin section of matrix and chondrule rim were prepared using FIB system in the Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, prepared ultra-thin sections were analyzed by STXM installed BL4U in IMS UVSOR and beamline 5.3.2.2 in ALS LBNL to investigate OM distributions and their functional groups composition of C, N, and O.

As a result, we found two types of OM in both matrix and chondrule rim. These OM showed the same functional groups composition (aromatic C: C=C, ketonic C: C=O, carboxylic C: C=O[-HO], and graphitic layer structure: C-C) and different functional groups ratio. OMs in the chondrule rim were surrounded the aqueous alteration related secondary minerals such as iron hydroxides and carbonates. Although it was suggested that OM in the chondrule rim have the functional groups composition which related to aqueous alteration (*e.g.,* hydroxyl and aliphatic compounds), these functional groups related peaks could not be identified. Therefore, it was suggested that OM preserved original (before the accretion of the matrix and chondrule rim) information and secondary minerals origin were also before the accretion. From these characteristics, two types of OM in matrix and chondrule rim phase may have different origins such as nanoglobules and primitive insoluble OM (or insoluble OM-like nanoglobules reported in De Gregorio et al., 2013).
In this study, we succeeded in the *in-situ* observation (occurrence-preserved OM analysis with FIB system) to clarified that the original occurrence and functional groups of tow primitive OMs in ALH77307. As for the future plan, H-, C-, N-, and O-isotopic characteristics of these two OMs and carbonates are going to be analyzed by NanoSIMS in Koch Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, OMs and secondary minerals morphology will be investigated by TEM in the University of Tokyo.

キーワード：ALH77307、STXM 、Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: ALH77307, STXM, Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2]
*Akira Igarashi[1], Tomoki Nakamura[1], Shingo Kameda[2], Keiichi Moroi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 立教大学理学研究科物理学専攻
1. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 2. Department of Physics, Faculty of Science, Rikkyo University

Ultraviolet (UV) reflectance spectra (200-400nm) of carbonaceous chondrites provide new information on organic matters in C-complex asteroids [e. g., 1], but interpretation of UV reflectance spectra of carbonaceous chondrites are not well established [1–3] because of very low reflectivity of the meteorites and the lack of best-suited standards in the UV region.
In this study, we developed a UV spectrometer and made selection of the best-suited standard material for calibration. High sensitivity is required for the spectrometer, because primitive meteorites such as carbonaceous chondrites are very dark in the UV wavelength region. The detector is an Ocean Optics Maya2000 PRO that has sensitivity in a range from 165 to 620 nm and spectral resolution of 0.035–0.68 nm. Light source is Hamamatsu Photonics Deuterium lamp (H2D2 light source unit) L11799 that has intensity in a range from 160 to 400 nm with atmospheric UV-radiation. We set a light source, meteorite sample, and a detector with minimum distance each other with a phase angle of 30 degrees. We tested and evaluated a wide variety of natural and artificial materials as a candidate for a reflectance standard, including $BaSO_4$, CaF_2, and Quartz, in a way similar to those described in [2]. The results of the test measurements suggest that Quartz powder is the best standard in the ultraviolet region, because it shows relatively flat spectrum compared with the other candidates.
For preliminary measurements of carbonaceous chondrites, we measured hydrated and partially- or completely dehydrated CM chondrites (Murray, Murchison, Yamato (Y-) 793321, Jbilet Winselwan, Murchison heated at 600˚C, Belgica (B-) 7904, Y86720). They are classified to heating stages I-IV (stage IV is the highest heating degree) based on mineralogical evidence [4]. They were crushed into a powder with <77 or <155 μm in size and used for spectral measurements. The results show that overall UV reflectance decreases from stage I to II, but increases with increasing heating stages from II to IV, whereas spectral slope in the 200-400nm region decreases with increasing heating degree. These changes are consistent with those observed in [1] and probably attributed to graphitization of IOM (Insoluble Organic Matter) in carbonaceous chondrites with increasing heating temperature.

References: [1] Applin, D.M. et al. (2018) Icarus, 307, 40-82. [2] Cloutis E.A. et al. (2008) Icarus, 97, 321-347. [3] Trigo-Rodriguez J.M. et al. (2014) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437, 227-240. [4] Nakamura, T. (2005). Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 100(6), 260-272.

キーワード：紫外反射スペクトル、炭素質コンドライト
Keywords: ultraviolet reflectance spectra, carbonaceous chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

A coupled experimental and thermodynamic study of chondrite-water interaction under anoxic condition

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1]
*Sakiko Kikuchi[1], Takazo Shibuya[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The presence of hydrous minerals in chondrites have been considered as an important evidence for the former presence of liquid water in parent bodies. However, the detailed evolutionary history of parent bodies (e.g., temperature fluid composition and water/rock ratio) are still poorly constrained, because the alteration processes of chondritic rock are not well defined and very few relevant experimental data are available. Here we investigate alteration process of chondrites by experiments simulating reactions between synthetic chondrite (mixtures of olivine, pyroxene, glass, Fe_{metal}, and troilite) and NH_3-containing solutions at 25 and 80 ˚C under anoxic conditions. We also compared the experimental results with those predicted from thermodynamic calculations to understand the equilibrium and kinetic conditions of chondrite-water interaction.
The experiments up to 7 months showed that the water-rock reactions caused a series of mineral alterations and production of H_2(aq), especially at 80 ˚C. X-ray diffraction analysis revealed that the formation of pyrrhotite was notable during the first few days in the experiment, which was likely resulted from the dissolution of troilite. In contrast, precipitation of saponite was evident after 100 days in the experiment, which was probably caused by the dissolution of Si-rich glass in the synthetic chondrites. Transmission electron microscope observation revealed that the saponite and secondary Si-rich amorphous phases densely covered the surface of the original olivine, glass, pyroxene, and troilite. These results imply that amorphous silica precipitated after the formation of pyrrhotite, followed by the precipitation of saponite. A part of these mineral assemblages obtained from our experiment was inconsistent with those predicted from the thermodynamic equilibrium calculations, suggesting that some metastable alteration minerals occur in the chondrite-water system before the complete equilibrium is achieved.

キーワード：コンドライト、サポナイト、ピロータイト
Keywords: chondrite, saponite, pyrrhotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

Two-dimensional numerical experiments on subduction initiation in oceanic lithosphere: Effects of rheological properties of hydrous minerals

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1]
*Miki Izumi[1], Masaki Yoshida[2], Ken-ichi Hirauchi[1]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Deep Earth Structure and Dynamics research, Japan Agency for Marine−Earth Science and Technology −JAMSTEC−

地球におけるプレートの沈み込みがどのように始まったのかということは未だわかっていない。沈み込み開始に関する数値シミュレーション実験の先行研究では、沈み込みを再現させるために既存の断層（弱面）の摩擦係数（μ）を約0に設定しているが、これは一般的な岩石・鉱物に用いられるバヤリー則の値（μ = 0.6〜0.85）と比較しても極端に小さく、現実的に定められた値ではない。ところで、プレートテクトニクスが起こっていない他の地球型惑星と地球の表層環境を比較すると、大きな違いとして海洋の有無が挙げられる。海水がプレート間の断層に沿って深部まで移動するとき、水と断層帯の鉱物が反応して力学的に弱い含水鉱物が形成されると考えられる。そこで本研究では、含水鉱物のレオロジー特性に注目し、地球の海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の2次元の数値シミュレーション実験を行った。その結果、弱面の力学的条件について含水鉱物であるアンチゴライトの流動則（転位クリープ）と滑石の摩擦係数（μ = 0.1）を考慮し、かつ異常間隙水圧（λ = 0.9）である場合にのみ、プレートの沈み込みが開始することがわかった。さらに、本研究のモデルにおける沈み込み開始可能な弱面の最大平均強度は5 MPa程度であることが示唆された。また、本研究のモデルでは、海洋リソスフェアがマントル深部まで沈み込む安定した沈み込みは起こらなかったが、これはプレートの沈み込み開始とその後のマントル深部への沈み込みにはそれぞれ別の効果が存在することを示唆している。

キーワード：プレートテクトニクス、沈み込み開始、含水鉱物、海洋リソスフェア、アンチゴライト、滑石
Keywords: plate tectonics, subduction initiation, hydrous mineral, oceanic lithosphere, antigorite, talc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1]
*Hiroyuki Kashima[1], Masahiro Yamamoto[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A prime consideration for habitability of planets and moons is to constrain available free energy provided in the environment that could support the extant life and/or could drive chemical evolution. On Earth, primary production of a biosphere have been considered to be supported by phototrophs and chemotrophs with light and chemical energy, but recent studies discovered prokaryotes defined as electrotrophs that are capable of using electrons provided by artificial electrodes as the sole energy source for cellular activities [1]. This suggests that electrical energy could support the formation and evolution of a biosphere, and requires us to consider electrical energy, in addition to light and chemical energies, provided at the environment to estimate the habitability.

Although we have not yet had direct evidence for an electrotrophic ecosystem in a natural setting, spontaneous electrical current through conductive minerals and microbial matrixes that could support a life have been observed in sea floor environments on Earth. A promising example for spontaneous electrical energy generation is the marine hydrothermal environments in which conductive mineral deposits chemically separate hydrothermal fluid and sea water. Studies demonstrated that a marine hydrothermal system being functioning as analogous to a fuel cell generating power where sulfide deposit couples electrochemical oxidation of sulfide in the hydrothermal fluid and reduction of dissolved oxygen in the sea water with its electrocatalytic activity and electrical conductance [2].

As moons in the Solar System such as Enceladus and Europa are suggested to possess oceans with hydrothermal activity, it is hypothesized that those hydrothermal systems also generate electrical energy that provide free energy capable of supporting a biosphere. The present study is to estimate potentials of electrical energy generation at hydrothermal systems in oceans of the Solar System with laboratory electrochemical model experiments reproducing hydrothermal systems. Namely, electrochemical characterizations were conducted by using electrodes covered by sulfide minerals simulating hydrothermal deposits with electrolytes simulating hydrothermal fluids and seawaters. This presentation discusses electrocatalytic properties and potential power production of simulated hydrothermal systems with results of voltammetry tests and fuel cell polarization tests.

References: [1] Kumar, A. et al., (2017) Nature Reviews Chemistry 1, 0024. [2] Yamamoto, M. et al., (2018) ChemElectroChem 5. 2162-2166.

キーワード：the Solar System、hydrothermal system、fuel cell model、habitability、electrical energy
Keywords: the Solar System, hydrothermal system, fuel cell model, habitability, electrical energy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義
Experimental study of abiotic nitrate reduction at a high temperature and high-pressure condition and implication for nitrogen chemistry in Hadean hydrothermal environments

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1]
*Manabu Nishizawa[1], Takuya Saito[1], Akiko Makabe[1], Takazo Shibuya[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Nitrogen is an essential element for life as a major component of biomolecules and electron donor/acceptor for energy metabolism. Currently, nitrogen cycle in surface environments is mainly driven by biological processes including nitrogen fixation, nitrification and denitrification. In contrast, little is known about nitrogen cycle in the pre-biotic Earth and its relation to chemical evolution. This study focuses on nitrate chemistry during water-rock interaction in deep-sea hydrothermal environments to understand the fate of atmospherically-derived nitrate in the Hadean ocean. In experiments, artificial seawater with nitrate was reacted with synthetic komatiite at 350oC and 500 bar. Our experiments show that a substantial amount of nitrate was reduced to ammonium in an experimental condition. This implies that the Hadean deep-sea hydrothermal vents may have been favorable for chemical evolution in that both electron acceptor for energy metabolism (nitrate) and reduced nitrogen for organic synthesis (ammonium) were continuously supplied to the hydrothermal fluid-seawater mixing zone.

キーワード：プレバイオ化学、窒素、深海熱水噴出孔
Keywords: prebiotic chemistry, nitrogen, deep sea hydrothermal vents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

300-500℃, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水-岩石反応への示唆
Interaction experiments between eucritic glass and 0.1 M NaCl aqueous solution at 300-500℃ and 1.5 kbar: Suggestions on water-rock interactions at the bottom of Europa’s subsurface ocean

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1]
*Makoto Nagasawa[1,2], Yutaro Takaya[1]

1. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Resources and Environmental Engineering, School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Europa, the second satellite of Jupiter, probably has subsurface ocean under its icy crust. The yellow-brown color of its leading anti-Jovian hemisphere could be explained by endogenous substances such as sodium chloride, which suggests the presence of hydrothermal activity (water-rock interaction) [Hand and Carlson, 2015]. In this study, we conducted water-rock interaction experiments to determine the mineral assemblage of altered rock on Europa’s mantle surface and to constrain the amount of available energy for sustaining the putative chemoautotroph-based ecosystems.

In our experiments, eucritic synthesis glass and 0.1 M NaCl aqueous solution were reacted at 300-500℃ and 1.5 kbar for 8, 16 and 32 days, using cold-seal type pressure vessels. The water/rock mass ratio was fixed at 1/1 in all the experiments (50 mg of powdered glass to 50 μL of NaCl solution). Solid products were analyzed by X-ray diffractometer and SEM equipped with EDS. Water chemistry of the reacted solution were determined by ICP-MS.

The mineral assemblages observed in our experiments were as follows.
・Fe-rich smectite (saponite), epistilbite and xonotlite at 300℃ and 1.5 kbar
・Fe-rich smectite (saponite), ferroactinolite, Ca-rich plagioclase and minor amount of magnetite at 400℃ and 1.5 kbar
・Mg-rich smectite, ferroactinolite, Ca-rich plagioclase, magnetite and hydroxyapatite at 500℃ and 1.5 kbar

The formation of magnetite at 400-500℃ suggests that these high-temperature water-rock interactions may generate hydrogen and sustain chemoautotroph-based ecosystems. As a future work, we would like to evaluate the hydrogen generation potential quantitatively.

キーワード：エウロパ、水-岩石反応
Keywords: Europa, Water-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性
Relationship between tellurium in the Fe-Mn oxides in the ocean and ambient seawater

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1]
*Yusuke Fukami[1], Teruhiko Kashiwabara[1], Hiroshi Amakawa[1], Takazo Shibuya[1], Akira Usui[2], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University

Marine ferromanganese crusts (Fe-Mn crusts) are Fe-Mn oxides widely distributed on the seafloor, and important materials for (paleo)oceanographic studies (e.g. Hein et al., 2014). Tellurium (Te) is one of the highly enriched elements in the Fe-Mn crusts by more than ten thousand times relative to that in the continental crusts (Hein et al., 2010). Variation of concentration and isotopic compositions of Te in the Fe-Mn crusts could be a potential indicator for changes in redox condition of seawater, because of two valences of Te in ocean environments (+4 and +6; Lee and Edmond, 1985). In this study, we performed the measurement for concentration and isotopic compositions of Te in the surface layer of the Fe-Mn crusts, which was in contact with ambient seawater. The results were compared with the depth profile of the dissolved oxygen in the sampling site. To investigate the relationship to ambient seawater, the Fe-Mn crusts were sampled from two seamounts located in the Northwest Pacific, which showed different dissolved oxygen profile, and analyzed for Te concentration and isotopic compositions of the surface layer.

The results show that the correlation between the Te concentration and isotopic compositions in the surface layer of the Fe-Mn crusts changes depending on water depths. With increasing depths, the Te concentration decreases more drastically at shallower water depths than at deeper water depths. Moreover, the surface samples from two seamounts show a difference in the water depths where the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts changes. The changes in the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts may correspond to the changes in the chemical state of Mn in conjunction with the changes in the dissolved oxygen concentration in ambient seawater. Therefore, the Te concentration in the Fe-Mn oxides potentially indicates the dissolved oxygen concentration in the marine environment. The Fe oxides and Mn oxides are observed on the surface of the Mars by recent observation of exploration vehicles (e.g. Lanza et al., 2016), and the trace elements in these oxides potentially provide the information of water environments when they are formed. In the presentation, the results of the measurement of Te in natural samples, and laboratory experiment for application to Fe-Mn oxides on Mars will be discussed.

キーワード：テルル、鉄マンガン酸化物、海洋環境、鉄マンガンクラスト、安定同位体
Keywords: tellurium, Fe-Mn oxides, ocean environment, Fe-Mn crusts, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験
Laboratory reproduction of earthquake faulting beneath the internal ocean of Enceladus

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2]
*Takehiro Hirose[1], Takazo Shibuya[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The discovery of the Na-rich ice particles erupting from the surface of Enceladus indicates the presence of hydrothermal activity in Enceladus' ocean. Knowledge of water chemistry of the interior ocean is crucial for exploring planetary habitability and life. Two different processes of water-rock interaction can define the water chemistry in Enceladus' ocean: one is the static chemical interaction at the hydrothermal regions over geological timescale, and the other is the dynamic chemical interaction associated with seismogenic faulting induced by tidal force between Enceladus and Saturn or neighboring satellites. In this study, we focus on the later short-time disequilibrium interaction between water-rock during faulting. By using high-velocity friction experiment, we plan to reproduce faulting processes that are expected to occur in the interior of Enceladus, and then evaluate quantitatively the effect of the disequilibrium interaction during faulting on the water chemistry of the interior ocean. In the poster, we will present outline of the apparatus and pilot results of the experiments using San Carlos olivine and synthetic chondrite as starting materials.

キーワード：エンセラダス、地震断層、熱水
Keywords: Enceladus, earthquake faulting, hydrothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？ータイタンとガニメデの二分性の起源

Why does Titan have an atmosphere, and why not Ganymede?—The origin of Titan-Ganymede dichotomy

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3]
*Yasuhito Sekine[1], Yuhiko Aoyama[2], Masahiro Ikoma[2], Takayuki Tanigawa[3]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 一関工業高等専門学校総合科学
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology, 2. Dept. of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo, 3. Section of Liberal Arts and Sciences, National Inst. of Tech., Ichinoseki College

One of the long-standing issues in planetary science is why Saturn’s moon Titan possesses a thick atmosphere and why Jupiter’s moon Ganymede not. These satellites are similar in size and mass; however, only Titan has active surface environments, characterized as a thick N_2 atmosphere and liquid CH_4 cycles. Since Titan’s atmospheric N_2 originates from NH_3 (Niemann et al., 2005; Sekine et al., 2011), the building materials of Titan may have contained both NH_3 and CH_4 ices in addition to H_2O ice. Previous studies hypothesized that no condensation of NH_3 and CH_4 would have occurred in the circum-Jovian disk since proto-Jupiter might have formed in a relatively warm region of the protoplanetary disk (e.g., disk temperature > 100 K) (Lunine and Stevenson, 1982). However, recent disk models show that even at a few au, the disk temperature would have become sufficiently low (i.e., < 100 K) to form NH_3 and CH_4 ices in the disk (e.g., Dodson-Robinson et al., 2009; Oka et al., 2011), thereby calling for a new explanation. Here we show that gas and solids infalling onto massive proto-Jupiter would have experienced extensive shock heating (~10^4 K) upon accretion. The shock heating is sufficient to dissociate primordial NH_3 and CH_4 to thermochemically stable N_2 and CO, which cannot condensate in the circum-Jovian disk due to their low condensation temperatures. On the other hand, dissociation of NH_3 and CH_4 proceeds only incompletely upon accretion onto less massive proto-Saturn. Accordingly, the building materials of Saturn’s icy moons contain abundance of survived NH_3 and CH_4 as ices. We suggest that giant planet’s mass is a critical factor to determine the chemical compositions, surface environments, and potential habitability of the icy moons.

Dodson-Robinson et al. (2009) Icarus 200, 672
Lunine and Stevenson (1982) Icarus 52, 14
Niemann et al. (2005) Nature 438, 779
Oka et al. (2011) Astrophys. J. 738, 141
Sekine et al. (2011) Nature Geosci. 4, 359

キーワード：氷衛星、惑星大気、惑星形成
Keywords: icy satellite, planetary atmosphere, planetary formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

Development of observation system of gas hydrate forming in the environment simulated near the bottom of icy shell in icy bodies (2)

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1]
*Atsushi Tani[1], Kenshiro Moriyama[1]

1. 神戸大学　大学院人間発達環境学研究科
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Gas hydrates are clathrate compounds where hydrogen-bonded water cages include a guest gas molecule. Methane hydrate is one of famous gas hydrates because it is naturally found in deep-sea and permafrost sediments on the Earth. Gas hydrates would exist in icy bodies as well. One of the candidates is Pluto where the presence of subsurface ocean is suggested. Gas hydrates may exist between the ice shell and subsurface ocean and play an important role as insulator to keep warm inside. The presence of subsurface ocean is also suggested in some icy satellites like Enceladus. INMS (Ion and Neutral Mass Spectrometer) aboard the Cassini spacecraft has investigated composition of the plumes there that includes H2O (< 90 %), CH4, CO2, NH3, and other various organic materials. These results could reflect the composition of the subsurface ocean and imply the presence of clathrate hydrates in the ocean. Density of gas hydrates depends on guest gas molecules. For example, methane hydrate is lighter than the water, whereas CO2 hydrate is heavier. If CO2 hydrate forms at the bottom of the icy shell, the average density may become large and the ice (water ice + CO2 hydrate) may start to sink locally. If the size of each gas hydrate become small and granular gas hydrates exist in subsurface ocean, heat can be transfer by not only thermal conduction but also convection. This means that icy bodies may be cooled faster. To elucidate how gas hydrates form in the subsurface ocean in icy bodies, we have developed the observation system of gas hydrate formation and dissociation below the ice sheet. In the presentation, we report the progress of the observation system.

キーワード：氷天体、ガスハイドレート、結晶成長
Keywords: icy bodies, gas hydrate, crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1]
*Naoki Noguchi[1]

1. 徳島大学大学院産業理工学研究部
1. Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Non-water ices such as solid N_2, CO, CO_2, CH_4, and clathrate hydrates are a main constituent of the surfaces and crusts of the icy bodies. Understanding rheological properties of them are essential to understanding the dynamics including thermal convection, flow of glacier, and relaxation of topography. Several researchers investigated the rheological properties of them directly by low-temperature deformation experiments: solid N_2, CH_4 (Yamashita et al. 2010), CO_2 (Yamashita and Kato 1997, Durham et al. 1999), and CH_4 clathrate hydrate (Durham et al. 2003). They revealed the viscosities and plastic deformation mechanisms with a stress exponent of $n > 2$ in the range of 0.1 −100 MPa. However, the deformation experiment at low-stress conditions below 0.1 MPa is technically very difficult. The extrapolation of the plastic-flow law under their mechanisms to the low stress conditions may give an overestimate for the viscosity, because the diffusion creep can dominate in the low stress conditions below 0.1 MPa Under the diffusion creep regime, the viscosity behaves as Newtonian fluid, and is sensitive to the grain size. Although the viscosity under the diffusion creep regime cannot be measured directly, it can be estimated from diffusion coefficients based on the theories of diffusion creep (Frost and Ashby 1982). I will discuss the rheological properties of non-water ices inferred from the diffusion coefficients. There are many non-water ices whose diffusion coefficients have not determined yet by experiments. This substance includes solid CO and clathrate hydrates. In the case of molecular solids, the diffusion enthalpy has a correlation with the sublimation enthalpy (Chadwick and Sherwood 1971). I estimated the diffusion coefficients using the correlation in order to infer the rheological property.

キーワード：Non-water ice、レオロジー、拡散、氷天体
Keywords: Non-water ice, Rheology, Diffusion, Icy body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

Swelling behavior of magnesium saturated smectites

Morida Koki, Keisuke Fukushi, Hiroshi Sakuma

*森田 康暉[1]
*Koki Morida[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

スメクタイトは液体の水の存在下で生成される粘土鉱物である。スメクタイトの構造は四面体シートと八面体シートで2:1の層を作り、その層間に接触している水中の陽イオンを取り込む性質がある。この層間陽イオン種は主にNa^{+}、K^{+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}が 一般的な層間陽イオンである。乾燥状態では層間陽イオン種と相対湿度(RH)に応じて層間に水を保持し、保持水分に応じて001面の面間隔は9~15Åまで変化する。RH0%で、層間陽イオン種がNa^{+}、K^{+}の時に面間隔は約10Å、Ca^{2+}では約12Å、Mg^{2+}では約11~14Åになる(Sato et al, 1992; Morodome and Kawamura 2009)。スメクタイトは組成と構造に応じて、2八面体型のモンモリロナイトやノントロナイトなど、3八面体型のサポナイトなどにさらに分類される。

現在NASAが遂行しているミッションの一つにMSL(Mars Science Laboratory)という計画がある。この計画では探査機キュリオシティを火星に送り込み、生命の存在していた可能性や生命に育むに適した環境を調査している(Vaniman et al, 2014)。この環境の条件の一つとしてかつて存在していた水が挙げられる。水は生命にとって重要なものである。それ故に水の存在下で生命存在可能性を評価するためには、その水質に左右され、水質を知ることが重要である。キュリオシティはかつての湖沼が存在したと考えられるゲイルクレーターに着陸し、湖沼堆積物のドリルサンプリングを行い、火星の鉱物の同定や定量分析に用いられるChemistry & Mineralogy X Ray Diffraction(CheMin-XRD)や土壌や岩石中の化学元素の存在量を測定できるAlpha Particle X-Ray Spectrometer　(APXS)などを用いて測定している。これらのデータから水環境の推定を行っている。Fig 1にシープベッド泥岩層のJohnKleinとCumberlandサイトで得られたCheMin-XRDの結果を示す。装置内の温度は5～25℃で相対湿度(RH)は0%で、二酸化炭素雰囲気で測定している。001面のピーク位置は13.2Åを示す。上記したように、スメクタイトの面間隔は層間に挿入される陽イオン種と相対湿度(RH)によって変化するため、Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}の挿入では説明ができない。そのため、層間には$MgOH^{+}$、あるいはMg^{2+}が挿入されているということが現在議論されている。Fig 2に2θ 22°付近のCheMin-XRDの拡大データを示す。02l面のピーク位置よりシープベッド泥岩層のスメクタイトはサポナイトであることが推測されている。(Vaniman et al, 2014; Bristow et al, 2015)。

様々なRH条件下でMg^{2+}型サポナイトの面間隔を測定したSuquet et al, 1975がRH0%で11.4Åを示すために、Vaniman et al, 2014、Bristow et al, 2015は火星のCumberlandのサポナイトは$MgOH^{+}$型であると論じている。しかし、Pevear et al, 1991によると、地球上では$MgOH^{+}$型スメクタイトは200℃のアルカリ熱水でなければ生成されず、推定されているゲイルクレーター湖沼堆積物の生成条件とは一致しない。さらに、$MgOH^{+}$型スメクタイトの面間隔がそもそも13Åを示すような実験研究はない。また、参考にしたSuquet et al, 1975は約40年前のデータで古く、実験的な信頼性にやや疑問が残る。RH0%でのNa^{+}、Ca^{2+}、他のMg^{2+}型スメクタイトの面間隔をレビューしたものをFig 3に示す。Na^{+}型スメクタイトは約10Å、Ca^{2+}型スメクタイトは約12Åに面間隔が集まるが、Mg^{2+}型スメクタイトは大きくばらついていることがわかる。先行研究のMg^{2+}型

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サポナイトの面間隔は12Å以下だが、他のMg^{2+}型スメクタイトでは13.2Åを超えるものもある。各先行研究の測定条件についてまとめたものをTable 1に示す。まず、Suquet et al, 1975だけ測定手法が異なっている。Suquet et al, 1975が採用したQuenched法はサンプルを測定器とは別の容器で平衡させ、取り出した後、密封容器に入れ、XRD測定する手法であると推測される。一方、In situ法は測定器内でRHをコントロールしてXRD測定する手法である。さらに、測定を行うときのRHコントロールをする大気組成が異なっている。面間隔はSuquet et al, 1975では11.4Å、硫酸条件では12.0Å、空気条件では13.2~13.9Å、窒素条件では12.0~13.0Åであり、手法及び大気組成によって面間隔が変化する可能性がある。よって本研究では窒素、空気、主要な火星大気である二酸化炭素雰囲気で湿度コントロールしたときのRH0%における様々なMg^{2+}型スメクタイトの膨張挙動を検討することを目的とする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性
Possibility of hydrogen peroxide as a warming agent on early Mars with oxidized condition

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1]
*Yuichi Ito[1], George HASHIMOTO[2], Yoshiyuki O. Takahashi[3], Masaki Ishiwatari[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 神戸大学大学院理学研究科
1. Department of Cosmosciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Graduate School of Science, Kobe University

近年、ローバーによる火星探査から、過去30-40億年前の古火星環境の情報が残されているゲイルクレーターで、高濃度の酸化マンガンが検出された（Lanza et al., 2016）。これは、酸化マンガンが沈殿した時代の古火星環境には、液体の水と非常に酸化的な大気が共存していたことを示唆している。一方で、その頃の太陽は現在よりも25%ほど暗いと推定されている。大気モデルを用いた検討から、古火星が液体の水を維持する温暖な環境であるためには、二酸化炭素・水だけでない温室効果ガスが大気に存在していたと考えられている(Kasting 1991など)。しかしながら、これまでの研究には、極めて酸化的な大気成分によって古火星の表層環境が273K以上に温められる可能性を示した検討は存在しない。これまで、極めて酸化的な大気成分の一つである過酸化水素は、火星の表層を極度に酸化させていった物質として着目されてきた。ただし、その量が現在の火星大気で極微量であるために温室効果気体としては着目されてこなかった。過酸化水素は光化学的に不安定な物質であるが、その１分子あたりの遠赤外の吸収能は非常に強く、仮に古火星大気が非常に酸化的であった場合、過酸化水素が地表面を温暖化させた可能性がある。

本研究では、Line by Lineの輻射輸送計算を用いた鉛直１次元大気のエネルギーバランスモデルに基づき、二酸化炭素大気中の過酸化水素の量をパラメータとし、古火星の表面温度がどれだけ上昇するか推定した。まず、古火星の大気中に飽和蒸気圧分の過酸化水素があったと仮定した場合、表面温度は最大でも3Kしか上昇しないことが分かった。一方で、大気上層では凝縮核が少ないために過酸化水素が過飽和状態にあった可能性が考えられる。過酸化水素が高度に依らず1ppmの濃度で含まれている場合、2bar以上の大気で表面温度が273Kを超える。また、10ppmの場合は1barの大気量で表面温度が273Kを超えることが可能であった。過酸化水素を含まない場合と比較すると、2barの大気については、濃度が1ppmの場合には約40K、10ppmの場合には約80Kの表面温度上昇がおきた。発表では、光化学反応などによる過酸化水素生成過程及び凝縮核の数密度やサイズなどに依存する凝縮過程によって、古火星の大気中の過酸化水素量が過飽和となりうるかも含めて議論する。

キーワード：火星、液体の水、大気
Keywords: Mars, Liquid water, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_44

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] リュウグウ母天体の水-岩石反応

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1]
*Takufumi Chida[1,2], Yasuhito Sekine[1], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Observations of lakes, surface modification by fluvial activities, and cloud formation all indicate that Saturn’s moon Titan has the only active hydrological cycles known besides Earth [1]. Hydrocarbons such as methane and ethane condense out of a nitrogen-rich thick atmosphere, and precipitate onto the surface [1]. Methane observed in the atmosphere is continuously destroyed and lost by processes such as photolysis and direct escape [1]. Thereby, the persistence of the methane in the atmosphere is dependent on the availability of a hidden methane reservoir, resupplying the lost methane from the surface [1]. Quantifying the volume of the potential sources of methane resupply is one of the key questions of Titan’s hydrological cycles [1].

Previous studies on remote-sensing observations of Titan’s surface show that the elevations of some lakes and seas located near the north pole are constant from summer to early winter (corresponding to several Earth’s years) within the observational errors, implying a connection with a mutual ground-methane table [2]. The preference of clouds at mid-latitudes over high-latitudes suggests that while surface methane is only observed at high latitudes, there may be a significant subsurface methane table at mid-latitudes that is available for exchange with the atmosphere [3]. The influence of subsurface flow on the hydrological cycle has been studied using a two-dimensional (2D) hydrological model, which treats the subsurface as one box at each location [4]. Thus, the 2D models cannot determine the subsurface hydraulic connection among lakes and oceans. They also cannot quantify the total volume of the subsurface methane reservoir, therefore being unable to estimate the extent of the methane-based hydrological cycles.

Here, we calculate the methane-based hydrological cycles using a surface-subsurface coupled three-dimensional hydrological simulator “GETFLOWS”. GETFLOWS calculates surface and subsurface flows in a three-dimensional corner-grid blocks using Darcy’s law, law of mass conservation, and Manning’s equation. The main input parameters are (1) topography, (2) precipitation and evaporation rates, (3) permeability and porosity of the subsurface, and (4) levels of ground-methane table (i.e., the total methane volume in the subsurface). The topographic data was derived by interpolating the data obtained from the Cassini RADAR using the inverse distance weighting method [5]. The precipitation and evaporation data were applied from previous calculation results using general circulation model (GCM), which show good agreements of cloud formation and distribution with the observations [3,6]. The porosity and permeability values were estimated from the observations of the size of the icy grains on Titan’s surface [7]. Using this model, we constrain the ground-methane table through reproducing the size and distribution of the lakes and oceans on Titan’s surface as well as seasonal changes in their elevation. We discuss (1) whether the lakes and seas in the north-pole regions are hydraulically connected to the groundwater table, (2) what volume of subsurface liquid methane is active in the hydrological cycles, and (3) whether there is a subsurface transport of methane from the high to the low latitudes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] Hayes et al., (2018) Nat. Geosci., 11, 306-313

[2] Hayes et al., (2016) Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 44, 57-83

[3] Turtle et al., (2018) Geophysical Research Letters, 45, 5320-5328

[4] Horvath et al., (2016) Icarus, 277, 103-124

[5] Corlies et al., (2017) Geophysical Research Letters, 44, 11, 754-11,761

[6] Faulk et al., (2017) Nat. Geosci., 10, 827-831

[7] Brossier et al., (2018) JGR Planets, 123, 1089-1112

キーワード：タイタン、メタン循環
Keywords: Titan, Methane-based hydrological cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1]
*Ryusuke Nishitani[1], Atsushi Tani[2], Sho Sasaki[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻
1. Department of Earth and Space Sciences, School of Science, Osaka University, 2. Graduate School Human Development and Environment, Kobe University

Investigation of Enceladus plume by Cassini spacecraft showed not only the existence of a subsurface ocean but also ocean included some salts. On the earth, it is known that sea ice includes brine into grain boundary. Similarly, icy shell of Enceladus seems to include sea water. Inclusion of sea water could cause partial melt in icy layer and could affect the geology and thermal evolution. Cox and Weeks (1975) showed that the effective partition coefficient, the ratio of concentration of sodium chloride in formed ice to that in residual liquid, depended on ice growth velocity. While, Gross et al., (1977) reported forced convection made partition coefficient low. To quantify the amount of brine included into icy shell under various condition, we investigated a partition coefficient of sodium chloride to ice by experiment and simulation.

As an experimental apparatus, unidirectional growth method used by Muraoka et al., (2016) was applied. With this method, plate-like ice can be formed in a cell and growth velocity can be controlled by controlling temperature. Ice was formed at a speed between cm/s in 5 % sodium chloride solution. As a result, effective partition coefficient of sodium chloride to ice was 1 approximately at all ice growth velocity.

To evaluate this value, ice growth in sodium chloride solution was simulated by voronoi dynamics simulation suggested by Kawano and Ohashi (2008). When ice grew under the same condition with the experiment, effective partition coefficient was 1 approximately. Next, we introduced Sherwood number into the simulation. It was found that higher Sherwood number made the effective partition coefficient lower. These results indicate that effective partition coefficient reflects condition of convection. When ice grow velocity is faster than diffusion of sodium chloride, effective partition coefficient is near 1. Since convection was not occur in this experiment, the effective partition coefficient was near 1.
In subsurface ocean of Enceladus, effective partition coefficient might be low due to convection, but in crack like tiger stripe, effective partition coefficient might be high because ice growth velocity seems to be high.

キーワード：エンセラダス、ブライン、有効分配係数
Keywords: Enceladus, brine, effective partition coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3]
*Shuya Tan[2,1], Yasuhito Sekine[2], Tetsuya Hama[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, the University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The ice-rich surface of Europa is known to be irradiated with high-energy particles, such as electron, accelerated by the Jovian strong magnetic field (e.g., Paranicas et al., 2009). The high-energy particle irradiations could have caused particular chemical reactions on the surface, possibly including dissociation of H_2O and subsequent oxidation of surface salts, such as chlorides and sulfates/sulfides (e.g., Carlson et al., 2009; Hand et al., 2011). In addition, sputtering of the surface ice and salts by high-energy particles is proposed to be a major source of the tenuous atmosphere on Europa (e.g., Johnson et al., 2009; Brown and Hill, 1999). However, the detailed chemical reactions on Europa’s surface have been poorly constrained.

Here we construct a novel experimental system for irradiation of electron onto ice and salt (e.g., chloride: NaCl and $MgCl_2$) mixtures at low temperatures. Laboratory experiments on electron irradiation onto NaCl salt have been conducted at low temperatures corresponding to Europa’s surface (e.g., Hand and Carlson, 2015). However, no experiments have been performed to simulate the irradiation of electron onto ice and salt mixtures on Europa. Upon electron irradiation onto ice and chloride mixtures, chloride may be oxidized into perchlorate salts. If the surface materials are provided into the subsurface ocean through crustal recycling (e.g., Hand et al., 2007), perchlorate would become an important oxidant to generated redox disequilibria in the ocean. We report preliminary results on the electron irradiation experiments using the newly-constructed system.

キーワード：照射実験、エウロパ、化学進化
Keywords: Irradiation experiment, Europa, chemical evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リュウグウ母天体の水-岩石反応
Water-rock reactions in the parent body of Ryugu

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5]
*Takazo Shibuya[1], Yasuhito Sekine[2], Sakiko Kikuchi[1], Keisuke Fukushi[3], Tomoki Nakamura[4], Sei-ichiro WATANABE[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京工業大学、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. Nagoya University

The recent remote-sensing observation by Hayabusa2 is providing a large amount of data to unravel the origin of Ryugu. The Near Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Haybusa2 revealed that the IR reflectance of the global surface of Ryugu is extremely low (~0.02) and the spectra include small but clear absorption at 2.72 μm. These findings indicate the great abundance of dark materials and the subordinate amount of hydrous minerals in the surface, respectively. These materials on Ryugu are important clues to constrain the conditions of aqueous alteration such as the temperature experienced by the parent body and the original volatile compositions during accretion stage. In this work, we conducted thermodynamic modeling of chondrite-water reactions under various conditions to establish a model explaining the aqueous alteration of the parent body. In the thermodynamic calculations, a mean composition of CV chondrites was assumed for the initial bulk rock (minor amount of carbon, nitrogen and chlorine are also included) (Pearson et al., 2006; Clay et al., 2017). For the initial fluid, four cases were assumed; CO_2 concentration is 0, 1, 3 and 10 mol% (Cases 1–4, respectively) relative to water while the latter three cases also include NH_3 (0.5%) and H_2S (0.5%) additionally (Mumma and Charnley, 2011). The equilibrium temperature and pressure were assumed to be 0, 100, 200, 300 and 350 ˚C, and vapor pressure of water. In the calculations, pyrene was considered as a representative of polycyclic aromatic hydrocarbon while C1 compounds except CH_4 were included as soluble species (Zolotov, 2012).
The calculations showed that stabilities of hydrous/anhydrous minerals, carbonate, pyrene change with temperature and W/R value. In Case 1 (CO_2-free), the altered chondrite consists of serpentine, troilite and subordinate amount of hydrous/anhydrous minerals (e.g., magnetite, saponite, gibbsite and chlorite) at 0–300 ˚C. However, with increasing temperature above 300 ˚C, olivine and clinopyroxene become major phases as the amounts of serpentine, chlorite and magnetite decrease. At 350 ˚C, olivine becomes the most abundant minerals in conjunction with disappearance of serpentine. Similar temperature dependencies of hydrous mineral stabilities were also shown at low W/R in Cases 2–4 (CO_2 =1–10%) whereas carbonate is predominant at high W/R. Although the total amount of hydrous minerals in the surface of Ryugu is still unconfirmed, the calculation results suggest that the temperature of hydrothermal reactions experienced by Ryugu is lower than approximately 300 ˚C if a certain amount of hydrous minerals are present in the surface rocks. In contrast, if the amount of hydrous minerals is relatively small, higher temperatures (>350 ˚C) may account for the observed IR spectra. In this case, the parent body may have undergone high-temperature hydrothermal reactions that could occur in relatively large body. Otherwise, it is also possible that the parent body underwent instantaneous high-temperature events such as impacts after the aqueous alteration.Regarding the discriminating darkness of Ryugu, pyrene and/or magnetite are considered as the abundant dark materials on the surface of Ryugu in the predicted alteration minerals (pyrene is not dark by itself but can be altered to dark organic matter through geologic time). Especially, pyrene can be consolidated through reduction of CO_2in Cases 2–4 because of water-chondrite reactions generate abundant H_2. These solid phases are minor or absent at high W/R where carbonate is predominant but the sum of them exceeds several % at low W/R because

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

water-chondrite reactions at low W/R generate abundant hydrogen. Therefore, the results indicate that the altered chondrites broadly become darker with decreasing W/R. However, if the water-chondrite reactions start under H_2-rich condition, the CO_2 in the fluid would be effectively reduced to form organic materials (Cases 2–4) even at high W/R, which also potentially contribute the low reflectance of Ryugu.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

STXMによるALH 77307中の有機物分析
Investigation of the organic matter in ALH 77307 by STXM

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1]
*Hiroki Suga[1], Motoo Ito[2], Yoko Kebukawa[3], Matthew A Marcus[4], Takuji Ohigashi[5], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 横浜国立大学 大学院工学研究院、4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5. 分子化学研究所　極端紫外光施設
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 3. Faculty of Engineering, Yokohama National University, 4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory, 5. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science

Organic matter (OM) is one of the most important building blocks of the solar system, it contributes to the planetary evolution and relates to the origin of life. The primitive OM is preserved in the carbonaceous chondrites (CCs), comets, and interplanetary dust particles. However, it is difficult to understand that what is the primitive OM (*e.g.,* information of it such as chemical composition and occurrence). Therefore, various candidates and formation process of OM has being discussed still. Here, we focused on the one of the most pristine CCs, ALH 77307 (petrological type 3.03: less altered). Primitive OM in its matrix and chondrule rim phases were explored using X-ray microscopic analysis. The aim of this study is to find primitive OM in the most primitive CCs.

First, matrix and chondrule rim phases were identified by SEM-EDS elemental imaging. Then, the ultra-thin section of matrix and chondrule rim were prepared using FIB system in the Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, prepared ultra-thin sections were analyzed by STXM installed BL4U in IMS UVSOR and beamline 5.3.2.2 in ALS LBNL to investigate OM distributions and their functional groups composition of C, N, and O.

As a result, we found two types of OM in both matrix and chondrule rim. These OM showed the same functional groups composition (aromatic C: C=C, ketonic C: C=O, carboxylic C: C=O[-HO], and graphitic layer structure: C-C) and different functional groups ratio. OMs in the chondrule rim were surrounded the aqueous alteration related secondary minerals such as iron hydroxides and carbonates. Although it was suggested that OM in the chondrule rim have the functional groups composition which related to aqueous alteration (*e.g.,* hydroxyl and aliphatic compounds), these functional groups related peaks could not be identified. Therefore, it was suggested that OM preserved original (before the accretion of the matrix and chondrule rim) information and secondary minerals origin were also before the accretion. From these characteristics, two types of OM in matrix and chondrule rim phase may have different origins such as nanoglobules and primitive insoluble OM (or insoluble OM-like nanoglobules reported in De Gregorio et al., 2013).
In this study, we succeeded in the *in-situ* observation (occurrence-preserved OM analysis with FIB system) to clarified that the original occurrence and functional groups of tow primitive OMs in ALH77307. As for the future plan, H-, C-, N-, and O-isotopic characteristics of these two OMs and carbonates are going to be analyzed by NanoSIMS in Koch Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, OMs and secondary minerals morphology will be investigated by TEM in the University of Tokyo.

キーワード：ALH77307、STXM 、Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: ALH77307, STXM, Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2]
*Akira Igarashi[1], Tomoki Nakamura[1], Shingo Kameda[2], Keiichi Moroi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 立教大学理学研究科物理学専攻
1. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 2. Department of Physics, Faculty of Science, Rikkyo University

Ultraviolet (UV) reflectance spectra (200-400nm) of carbonaceous chondrites provide new information on organic matters in C-complex asteroids [e. g., 1], but interpretation of UV reflectance spectra of carbonaceous chondrites are not well established [1–3] because of very low reflectivity of the meteorites and the lack of best-suited standards in the UV region.
In this study, we developed a UV spectrometer and made selection of the best-suited standard material for calibration. High sensitivity is required for the spectrometer, because primitive meteorites such as carbonaceous chondrites are very dark in the UV wavelength region. The detector is an Ocean Optics Maya2000 PRO that has sensitivity in a range from 165 to 620 nm and spectral resolution of 0.035–0.68 nm. Light source is Hamamatsu Photonics Deuterium lamp (H2D2 light source unit) L11799 that has intensity in a range from 160 to 400 nm with atmospheric UV-radiation. We set a light source, meteorite sample, and a detector with minimum distance each other with a phase angle of 30 degrees. We tested and evaluated a wide variety of natural and artificial materials as a candidate for a reflectance standard, including $BaSO_4$, CaF_2, and Quartz, in a way similar to those described in [2]. The results of the test measurements suggest that Quartz powder is the best standard in the ultraviolet region, because it shows relatively flat spectrum compared with the other candidates.
For preliminary measurements of carbonaceous chondrites, we measured hydrated and partially- or completely dehydrated CM chondrites (Murray, Murchison, Yamato (Y-) 793321, Jbilet Winselwan, Murchison heated at 600˚C, Belgica (B-) 7904, Y86720). They are classified to heating stages I-IV (stage IV is the highest heating degree) based on mineralogical evidence [4]. They were crushed into a powder with <77 or <155 μm in size and used for spectral measurements. The results show that overall UV reflectance decreases from stage I to II, but increases with increasing heating stages from II to IV, whereas spectral slope in the 200-400nm region decreases with increasing heating degree. These changes are consistent with those observed in [1] and probably attributed to graphitization of IOM (Insoluble Organic Matter) in carbonaceous chondrites with increasing heating temperature.

References: [1] Applin, D.M. et al. (2018) Icarus, 307, 40-82. [2] Cloutis E.A. et al. (2008) Icarus, 97, 321-347. [3] Trigo-Rodriguez J.M. et al. (2014) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437, 227-240. [4] Nakamura, T. (2005). Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 100(6), 260-272.

キーワード：紫外反射スペクトル、炭素質コンドライト
Keywords: ultraviolet reflectance spectra, carbonaceous chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

A coupled experimental and thermodynamic study of chondrite-water interaction under anoxic condition

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1]
*Sakiko Kikuchi[1], Takazo Shibuya[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The presence of hydrous minerals in chondrites have been considered as an important evidence for the former presence of liquid water in parent bodies. However, the detailed evolutionary history of parent bodies (e.g., temperature fluid composition and water/rock ratio) are still poorly constrained, because the alteration processes of chondritic rock are not well defined and very few relevant experimental data are available. Here we investigate alteration process of chondrites by experiments simulating reactions between synthetic chondrite (mixtures of olivine, pyroxene, glass, Fe_{metal}, and troilite) and NH_3-containing solutions at 25 and 80 ˚C under anoxic conditions. We also compared the experimental results with those predicted from thermodynamic calculations to understand the equilibrium and kinetic conditions of chondrite-water interaction.
The experiments up to 7 months showed that the water-rock reactions caused a series of mineral alterations and production of H_2(aq), especially at 80 ˚C. X-ray diffraction analysis revealed that the formation of pyrrhotite was notable during the first few days in the experiment, which was likely resulted from the dissolution of troilite. In contrast, precipitation of saponite was evident after 100 days in the experiment, which was probably caused by the dissolution of Si-rich glass in the synthetic chondrites. Transmission electron microscope observation revealed that the saponite and secondary Si-rich amorphous phases densely covered the surface of the original olivine, glass, pyroxene, and troilite. These results imply that amorphous silica precipitated after the formation of pyrrhotite, followed by the precipitation of saponite. A part of these mineral assemblages obtained from our experiment was inconsistent with those predicted from the thermodynamic equilibrium calculations, suggesting that some metastable alteration minerals occur in the chondrite-water system before the complete equilibrium is achieved.

キーワード：コンドライト、サポナイト、ピロータイト
Keywords: chondrite, saponite, pyrrhotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

Two-dimensional numerical experiments on subduction initiation in oceanic lithosphere: Effects of rheological properties of hydrous minerals

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1]
*Miki Izumi[1], Masaki Yoshida[2], Ken-ichi Hirauchi[1]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Deep Earth Structure and Dynamics research, Japan Agency for Marine−Earth Science and Technology −JAMSTEC−

地球におけるプレートの沈み込みがどのように始まったのかということは未だわかっていない。沈み込み開始に関する数値シミュレーション実験の先行研究では、沈み込みを再現させるために既存の断層（弱面）の摩擦係数（μ）を約0に設定しているが、これは一般的な岩石・鉱物に用いられるバヤリー則の値（μ = 0.6〜0.85）と比較しても極端に小さく、現実的に定められた値ではない。ところで、プレートテクトニクスが起こっていない他の地球型惑星と地球の表層環境を比較すると、大きな違いとして海洋の有無が挙げられる。海水がプレート間の断層に沿って深部まで移動するとき、水と断層帯の鉱物が反応して力学的に弱い含水鉱物が形成されると考えられる。そこで本研究では、含水鉱物のレオロジー特性に注目し、地球の海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の2次元の数値シミュレーション実験を行った。その結果、弱面の力学的条件について含水鉱物であるアンチゴライトの流動則（転位クリープ）と滑石の摩擦係数（μ = 0.1）を考慮し、かつ異常間隙水圧（λ = 0.9）である場合にのみ、プレートの沈み込みが開始することがわかった。さらに、本研究のモデルにおける沈み込み開始可能な弱面の最大平均強度は5 MPa程度であることが示唆された。また、本研究のモデルでは、海洋リソスフェアがマントル深部まで沈み込む安定した沈み込みは起こらなかったが、これはプレートの沈み込み開始とその後のマントル深部への沈み込みにはそれぞれ別の効果が存在することを示唆している。

キーワード：プレートテクトニクス、沈み込み開始、含水鉱物、海洋リソスフェア、アンチゴライト、滑石
Keywords: plate tectonics, subduction initiation, hydrous mineral, oceanic lithosphere, antigorite, talc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1]
*Hiroyuki Kashima[1], Masahiro Yamamoto[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A prime consideration for habitability of planets and moons is to constrain available free energy provided in the environment that could support the extant life and/or could drive chemical evolution. On Earth, primary production of a biosphere have been considered to be supported by phototrophs and chemotrophs with light and chemical energy, but recent studies discovered prokaryotes defined as electrotrophs that are capable of using electrons provided by artificial electrodes as the sole energy source for cellular activities [1]. This suggests that electrical energy could support the formation and evolution of a biosphere, and requires us to consider electrical energy, in addition to light and chemical energies, provided at the environment to estimate the habitability.

Although we have not yet had direct evidence for an electrotrophic ecosystem in a natural setting, spontaneous electrical current through conductive minerals and microbial matrixes that could support a life have been observed in sea floor environments on Earth. A promising example for spontaneous electrical energy generation is the marine hydrothermal environments in which conductive mineral deposits chemically separate hydrothermal fluid and sea water. Studies demonstrated that a marine hydrothermal system being functioning as analogous to a fuel cell generating power where sulfide deposit couples electrochemical oxidation of sulfide in the hydrothermal fluid and reduction of dissolved oxygen in the sea water with its electrocatalytic activity and electrical conductance [2].

As moons in the Solar System such as Enceladus and Europa are suggested to possess oceans with hydrothermal activity, it is hypothesized that those hydrothermal systems also generate electrical energy that provide free energy capable of supporting a biosphere. The present study is to estimate potentials of electrical energy generation at hydrothermal systems in oceans of the Solar System with laboratory electrochemical model experiments reproducing hydrothermal systems. Namely, electrochemical characterizations were conducted by using electrodes covered by sulfide minerals simulating hydrothermal deposits with electrolytes simulating hydrothermal fluids and seawaters. This presentation discusses electrocatalytic properties and potential power production of simulated hydrothermal systems with results of voltammetry tests and fuel cell polarization tests.

References: [1] Kumar, A. et al., (2017) Nature Reviews Chemistry 1, 0024. [2] Yamamoto, M. et al., (2018) ChemElectroChem 5. 2162-2166.

キーワード：the Solar System、hydrothermal system、fuel cell model、habitability、electrical energy
Keywords: the Solar System, hydrothermal system, fuel cell model, habitability, electrical energy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義
Experimental study of abiotic nitrate reduction at a high temperature and high-pressure condition and implication for nitrogen chemistry in Hadean hydrothermal environments

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1]
*Manabu Nishizawa[1], Takuya Saito[1], Akiko Makabe[1], Takazo Shibuya[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Nitrogen is an essential element for life as a major component of biomolecules and electron donor/acceptor for energy metabolism. Currently, nitrogen cycle in surface environments is mainly driven by biological processes including nitrogen fixation, nitrification and denitrification. In contrast, little is known about nitrogen cycle in the pre-biotic Earth and its relation to chemical evolution. This study focuses on nitrate chemistry during water-rock interaction in deep-sea hydrothermal environments to understand the fate of atmospherically-derived nitrate in the Hadean ocean. In experiments, artificial seawater with nitrate was reacted with synthetic komatiite at 350oC and 500 bar. Our experiments show that a substantial amount of nitrate was reduced to ammonium in an experimental condition. This implies that the Hadean deep-sea hydrothermal vents may have been favorable for chemical evolution in that both electron acceptor for energy metabolism (nitrate) and reduced nitrogen for organic synthesis (ammonium) were continuously supplied to the hydrothermal fluid-seawater mixing zone.

キーワード：プレバイオ化学、窒素、深海熱水噴出孔
Keywords: prebiotic chemistry, nitrogen, deep sea hydrothermal vents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

300-500℃, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水-岩石反応への示唆
Interaction experiments between eucritic glass and 0.1 M NaCl aqueous solution at 300-500℃ and 1.5 kbar: Suggestions on water-rock interactions at the bottom of Europa’s subsurface ocean

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1]
*Makoto Nagasawa[1,2], Yutaro Takaya[1]

1. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Resources and Environmental Engineering, School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Europa, the second satellite of Jupiter, probably has subsurface ocean under its icy crust. The yellow-brown color of its leading anti-Jovian hemisphere could be explained by endogenous substances such as sodium chloride, which suggests the presence of hydrothermal activity (water-rock interaction) [Hand and Carlson, 2015]. In this study, we conducted water-rock interaction experiments to determine the mineral assemblage of altered rock on Europa’s mantle surface and to constrain the amount of available energy for sustaining the putative chemoautotroph-based ecosystems.

In our experiments, eucritic synthesis glass and 0.1 M NaCl aqueous solution were reacted at 300-500℃ and 1.5 kbar for 8, 16 and 32 days, using cold-seal type pressure vessels. The water/rock mass ratio was fixed at 1/1 in all the experiments (50 mg of powdered glass to 50 μL of NaCl solution). Solid products were analyzed by X-ray diffractometer and SEM equipped with EDS. Water chemistry of the reacted solution were determined by ICP-MS.

The mineral assemblages observed in our experiments were as follows.
・Fe-rich smectite (saponite), epistilbite and xonotlite at 300℃ and 1.5 kbar
・Fe-rich smectite (saponite), ferroactinolite, Ca-rich plagioclase and minor amount of magnetite at 400℃ and 1.5 kbar
・Mg-rich smectite, ferroactinolite, Ca-rich plagioclase, magnetite and hydroxyapatite at 500℃ and 1.5 kbar

The formation of magnetite at 400-500℃ suggests that these high-temperature water-rock interactions may generate hydrogen and sustain chemoautotroph-based ecosystems. As a future work, we would like to evaluate the hydrogen generation potential quantitatively.

キーワード：エウロパ、水-岩石反応
Keywords: Europa, Water-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性
Relationship between tellurium in the Fe-Mn oxides in the ocean and ambient seawater

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1]
*Yusuke Fukami[1], Teruhiko Kashiwabara[1], Hiroshi Amakawa[1], Takazo Shibuya[1], Akira Usui[2], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University

Marine ferromanganese crusts (Fe-Mn crusts) are Fe-Mn oxides widely distributed on the seafloor, and important materials for (paleo)oceanographic studies (e.g. Hein et al., 2014). Tellurium (Te) is one of the highly enriched elements in the Fe-Mn crusts by more than ten thousand times relative to that in the continental crusts (Hein et al., 2010). Variation of concentration and isotopic compositions of Te in the Fe-Mn crusts could be a potential indicator for changes in redox condition of seawater, because of two valences of Te in ocean environments (+4 and +6; Lee and Edmond, 1985). In this study, we performed the measurement for concentration and isotopic compositions of Te in the surface layer of the Fe-Mn crusts, which was in contact with ambient seawater. The results were compared with the depth profile of the dissolved oxygen in the sampling site. To investigate the relationship to ambient seawater, the Fe-Mn crusts were sampled from two seamounts located in the Northwest Pacific, which showed different dissolved oxygen profile, and analyzed for Te concentration and isotopic compositions of the surface layer.

The results show that the correlation between the Te concentration and isotopic compositions in the surface layer of the Fe-Mn crusts changes depending on water depths. With increasing depths, the Te concentration decreases more drastically at shallower water depths than at deeper water depths. Moreover, the surface samples from two seamounts show a difference in the water depths where the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts changes. The changes in the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts may correspond to the changes in the chemical state of Mn in conjunction with the changes in the dissolved oxygen concentration in ambient seawater. Therefore, the Te concentration in the Fe-Mn oxides potentially indicates the dissolved oxygen concentration in the marine environment. The Fe oxides and Mn oxides are observed on the surface of the Mars by recent observation of exploration vehicles (e.g. Lanza et al., 2016), and the trace elements in these oxides potentially provide the information of water environments when they are formed. In the presentation, the results of the measurement of Te in natural samples, and laboratory experiment for application to Fe-Mn oxides on Mars will be discussed.

キーワード：テルル、鉄マンガン酸化物、海洋環境、鉄マンガンクラスト、安定同位体
Keywords: tellurium, Fe-Mn oxides, ocean environment, Fe-Mn crusts, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験
Laboratory reproduction of earthquake faulting beneath the internal ocean of Enceladus

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2]
*Takehiro Hirose[1], Takazo Shibuya[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The discovery of the Na-rich ice particles erupting from the surface of Enceladus indicates the presence of hydrothermal activity in Enceladus' ocean. Knowledge of water chemistry of the interior ocean is crucial for exploring planetary habitability and life. Two different processes of water-rock interaction can define the water chemistry in Enceladus' ocean: one is the static chemical interaction at the hydrothermal regions over geological timescale, and the other is the dynamic chemical interaction associated with seismogenic faulting induced by tidal force between Enceladus and Saturn or neighboring satellites. In this study, we focus on the later short-time disequilibrium interaction between water-rock during faulting. By using high-velocity friction experiment, we plan to reproduce faulting processes that are expected to occur in the interior of Enceladus, and then evaluate quantitatively the effect of the disequilibrium interaction during faulting on the water chemistry of the interior ocean. In the poster, we will present outline of the apparatus and pilot results of the experiments using San Carlos olivine and synthetic chondrite as starting materials.

キーワード：エンセラダス、地震断層、熱水
Keywords: Enceladus, earthquake faulting, hydrothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？ータイタンとガニメデの二分性の起源

Why does Titan have an atmosphere, and why not Ganymede?—The origin of Titan-Ganymede dichotomy

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3]
*Yasuhito Sekine[1], Yuhiko Aoyama[2], Masahiro Ikoma[2], Takayuki Tanigawa[3]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 一関工業高等専門学校総合科学
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology, 2. Dept. of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo, 3. Section of Liberal Arts and Sciences, National Inst. of Tech., Ichinoseki College

One of the long-standing issues in planetary science is why Saturn’s moon Titan possesses a thick atmosphere and why Jupiter’s moon Ganymede not. These satellites are similar in size and mass; however, only Titan has active surface environments, characterized as a thick N_2 atmosphere and liquid CH_4 cycles. Since Titan’s atmospheric N_2 originates from NH_3 (Niemann et al., 2005; Sekine et al., 2011), the building materials of Titan may have contained both NH_3 and CH_4 ices in addition to H_2O ice. Previous studies hypothesized that no condensation of NH_3 and CH_4 would have occurred in the circum-Jovian disk since proto-Jupiter might have formed in a relatively warm region of the protoplanetary disk (e.g., disk temperature > 100 K) (Lunine and Stevenson, 1982). However, recent disk models show that even at a few au, the disk temperature would have become sufficiently low (i.e., < 100 K) to form NH_3 and CH_4 ices in the disk (e.g., Dodson-Robinson et al., 2009; Oka et al., 2011), thereby calling for a new explanation. Here we show that gas and solids infalling onto massive proto-Jupiter would have experienced extensive shock heating (~10^4 K) upon accretion. The shock heating is sufficient to dissociate primordial NH_3 and CH_4 to thermochemically stable N_2 and CO, which cannot condensate in the circum-Jovian disk due to their low condensation temperatures. On the other hand, dissociation of NH_3 and CH_4 proceeds only incompletely upon accretion onto less massive proto-Saturn. Accordingly, the building materials of Saturn’s icy moons contain abundance of survived NH_3 and CH_4 as ices. We suggest that giant planet’s mass is a critical factor to determine the chemical compositions, surface environments, and potential habitability of the icy moons.

Dodson-Robinson et al. (2009) Icarus 200, 672
Lunine and Stevenson (1982) Icarus 52, 14
Niemann et al. (2005) Nature 438, 779
Oka et al. (2011) Astrophys. J. 738, 141
Sekine et al. (2011) Nature Geosci. 4, 359

キーワード：氷衛星、惑星大気、惑星形成
Keywords: icy satellite, planetary atmosphere, planetary formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

Development of observation system of gas hydrate forming in the environment simulated near the bottom of icy shell in icy bodies (2)

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1]
*Atsushi Tani[1], Kenshiro Moriyama[1]

1. 神戸大学　大学院人間発達環境学研究科
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Gas hydrates are clathrate compounds where hydrogen-bonded water cages include a guest gas molecule. Methane hydrate is one of famous gas hydrates because it is naturally found in deep-sea and permafrost sediments on the Earth. Gas hydrates would exist in icy bodies as well. One of the candidates is Pluto where the presence of subsurface ocean is suggested. Gas hydrates may exist between the ice shell and subsurface ocean and play an important role as insulator to keep warm inside. The presence of subsurface ocean is also suggested in some icy satellites like Enceladus. INMS (Ion and Neutral Mass Spectrometer) aboard the Cassini spacecraft has investigated composition of the plumes there that includes H2O (< 90 %), CH4, CO2, NH3, and other various organic materials. These results could reflect the composition of the subsurface ocean and imply the presence of clathrate hydrates in the ocean. Density of gas hydrates depends on guest gas molecules. For example, methane hydrate is lighter than the water, whereas CO2 hydrate is heavier. If CO2 hydrate forms at the bottom of the icy shell, the average density may become large and the ice (water ice + CO2 hydrate) may start to sink locally. If the size of each gas hydrate become small and granular gas hydrates exist in subsurface ocean, heat can be transfer by not only thermal conduction but also convection. This means that icy bodies may be cooled faster. To elucidate how gas hydrates form in the subsurface ocean in icy bodies, we have developed the observation system of gas hydrate formation and dissociation below the ice sheet. In the presentation, we report the progress of the observation system.

キーワード：氷天体、ガスハイドレート、結晶成長
Keywords: icy bodies, gas hydrate, crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1]
*Naoki Noguchi[1]

1. 徳島大学大学院産業理工学研究部
1. Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Non-water ices such as solid N_2, CO, CO_2, CH_4, and clathrate hydrates are a main constituent of the surfaces and crusts of the icy bodies. Understanding rheological properties of them are essential to understanding the dynamics including thermal convection, flow of glacier, and relaxation of topography. Several researchers investigated the rheological properties of them directly by low-temperature deformation experiments: solid N_2, CH_4 (Yamashita et al. 2010), CO_2 (Yamashita and Kato 1997, Durham et al. 1999), and CH_4 clathrate hydrate (Durham et al. 2003). They revealed the viscosities and plastic deformation mechanisms with a stress exponent of $n > 2$ in the range of 0.1 −100 MPa. However, the deformation experiment at low-stress conditions below 0.1 MPa is technically very difficult. The extrapolation of the plastic-flow law under their mechanisms to the low stress conditions may give an overestimate for the viscosity, because the diffusion creep can dominate in the low stress conditions below 0.1 MPa Under the diffusion creep regime, the viscosity behaves as Newtonian fluid, and is sensitive to the grain size. Although the viscosity under the diffusion creep regime cannot be measured directly, it can be estimated from diffusion coefficients based on the theories of diffusion creep (Frost and Ashby 1982). I will discuss the rheological properties of non-water ices inferred from the diffusion coefficients. There are many non-water ices whose diffusion coefficients have not determined yet by experiments. This substance includes solid CO and clathrate hydrates. In the case of molecular solids, the diffusion enthalpy has a correlation with the sublimation enthalpy (Chadwick and Sherwood 1971). I estimated the diffusion coefficients using the correlation in order to infer the rheological property.

キーワード：Non-water ice、レオロジー、拡散、氷天体
Keywords: Non-water ice, Rheology, Diffusion, Icy body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

Swelling behavior of magnesium saturated smectites

Morida Koki, Keisuke Fukushi, Hiroshi Sakuma

*森田 康暉[1]
*Koki Morida[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

スメクタイトは液体の水の存在下で生成される粘土鉱物である。スメクタイトの構造は四面体シートと八面体シートで2:1の層を作り、その層間に接触している水中の陽イオンを取り込む性質がある。この層間陽イオン種は主にNa^{+}、K^{+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}が 一般的な層間陽イオンである。乾燥状態では層間陽イオン種と相対湿度(RH)に応じて層間に水を保持し、保持水分に応じて001面の面間隔は9~15Åまで変化する。RH0%で、層間陽イオン種がNa^{+}、K^{+}の時に面間隔は約10Å、Ca^{2+}では約12Å、Mg^{2+}では約11~14Åになる(Sato et al, 1992; Morodome and Kawamura 2009)。スメクタイトは組成と構造に応じて、2八面体型のモンモリロナイトやノントロナイトなど、3八面体型のサポナイトなどにさらに分類される。

現在NASAが遂行しているミッションの一つにMSL(Mars Science Laboratory)という計画がある。この計画では探査機キュリオシティを火星に送り込み、生命の存在していた可能性や生命に育むに適した環境を調査している(Vaniman et al, 2014)。この環境の条件の一つとしてかつて存在していた水が挙げられる。水は生命にとって重要なものである。それ故に水の存在下で生命存在可能性を評価するためには、その水質に左右され、水質を知ることが重要である。キュリオシティはかつての湖沼が存在したと考えられるゲイルクレーターに着陸し、湖沼堆積物のドリルサンプリングを行い、火星の鉱物の同定や定量分析に用いられるChemistry & Mineralogy X Ray Diffraction(CheMin-XRD)や土壌や岩石中の化学元素の存在量を測定できるAlpha Particle X-Ray Spectrometer　(APXS)などを用いて測定している。これらのデータから水環境の推定を行っている。Fig 1にシープベッド泥岩層のJohnKleinとCumberlandサイトで得られたCheMin-XRDの結果を示す。装置内の温度は5～25℃で相対湿度(RH)は0%で、二酸化炭素雰囲気で測定している。001面のピーク位置は13.2Åを示す。上記したように、スメクタイトの面間隔は層間に挿入される陽イオン種と相対湿度(RH)によって変化するため、Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}の挿入では説明ができない。そのため、層間には$MgOH^{+}$、あるいはMg^{2+}が挿入されているということが現在議論されている。Fig 2に2θ 22°付近のCheMin-XRDの拡大データを示す。02l面のピーク位置よりシープベッド泥岩層のスメクタイトはサポナイトであることが推測されている。(Vaniman et al, 2014; Bristow et al, 2015)。

様々なRH条件下でMg^{2+}型サポナイトの面間隔を測定したSuquet et al, 1975がRH0%で11.4Åを示すために、Vaniman et al, 2014、Bristow et al, 2015は火星のCumberlandのサポナイトは$MgOH^{+}$型であると論じている。しかし、Pevear et al, 1991によると、地球上では$MgOH^{+}$型スメクタイトは200℃のアルカリ熱水でなければ生成されず、推定されているゲイルクレーター湖沼堆積物の生成条件とは一致しない。さらに、$MgOH^{+}$型スメクタイトの面間隔がそもそも13Åを示すような実験研究はない。また、参考にしたSuquet et al, 1975は約40年前のデータで古く、実験的な信頼性にやや疑問が残る。RH0%でのNa^{+}、Ca^{2+}、他のMg^{2+}型スメクタイトの面間隔をレビューしたものをFig 3に示す。Na^{+}型スメクタイトは約10Å、Ca^{2+}型スメクタイトは約12Åに面間隔が集まるが、Mg^{2+}型スメクタイトは大きくばらついていることがわかる。先行研究のMg^{2+}型

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サポナイトの面間隔は12Å以下だが、他のMg^{2+}型スメクタイトでは13.2Åを超えるものもある。各先行研究の測定条件についてまとめたものをTable 1に示す。まず、Suquet et al, 1975だけ測定手法が異なっている。Suquet et al, 1975が採用したQuenched法はサンプルを測定器とは別の容器で平衡させ、取り出した後、密封容器に入れ、XRD測定する手法であると推測される。一方、In situ法は測定器内でRHをコントロールしてXRD測定する手法である。さらに、測定を行うときのRHコントロールをする大気組成が異なっている。面間隔はSuquet et al, 1975では11.4Å、硫酸条件では12.0Å、空気条件では13.2~13.9Å、窒素条件では12.0~13.0Åであり、手法及び大気組成によって面間隔が変化する可能性がある。よって本研究では窒素、空気、主要な火星大気である二酸化炭素雰囲気で湿度コントロールしたときのRH0%における様々なMg^{2+}型スメクタイトの膨張挙動を検討することを目的とする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性
Possibility of hydrogen peroxide as a warming agent on early Mars with oxidized condition

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1]
*Yuichi Ito[1], George HASHIMOTO[2], Yoshiyuki O. Takahashi[3], Masaki Ishiwatari[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 神戸大学大学院理学研究科
1. Department of Cosmosciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Graduate School of Science, Kobe University

近年、ローバーによる火星探査から、過去30-40億年前の古火星環境の情報が残されているゲイルクレーターで、高濃度の酸化マンガンが検出された（Lanza et al., 2016）。これは、酸化マンガンが沈殿した時代の古火星環境には、液体の水と非常に酸化的な大気が共存していたことを示唆している。一方で、その頃の太陽は現在よりも25%ほど暗いと推定されている。大気モデルを用いた検討から、古火星が液体の水を維持する温暖な環境であるためには、二酸化炭素・水だけでない温室効果ガスが大気に存在していたと考えられている(Kasting 1991など)。しかしながら、これまでの研究には、極めて酸化的な大気成分によって古火星の表層環境が273K以上に温められる可能性を示した検討は存在しない。これまで、極めて酸化的な大気成分の一つである過酸化水素は、火星の表層を極度に酸化させていった物質として着目されてきた。ただし、その量が現在の火星大気で極微量であるために温室効果気体としては着目されてこなかった。過酸化水素は光化学的に不安定な物質であるが、その１分子あたりの遠赤外の吸収能は非常に強く、仮に古火星大気が非常に酸化的であった場合、過酸化水素が地表面を温暖化させた可能性がある。

本研究では、Line by Lineの輻射輸送計算を用いた鉛直１次元大気のエネルギーバランスモデルに基づき、二酸化炭素大気中の過酸化水素の量をパラメータとし、古火星の表面温度がどれだけ上昇するか推定した。まず、古火星の大気中に飽和蒸気圧分の過酸化水素があったと仮定した場合、表面温度は最大でも3Kしか上昇しないことが分かった。一方で、大気上層では凝縮核が少ないために過酸化水素が過飽和状態にあった可能性が考えられる。過酸化水素が高度に依らず1ppmの濃度で含まれている場合、2bar以上の大気で表面温度が273Kを超える。また、10ppmの場合は1barの大気量で表面温度が273Kを超えることが可能であった。過酸化水素を含まない場合と比較すると、2barの大気については、濃度が1ppmの場合には約40K、10ppmの場合には約80Kの表面温度上昇がおきた。発表では、光化学反応などによる過酸化水素生成過程及び凝縮核の数密度やサイズなどに依存する凝縮過程によって、古火星の大気中の過酸化水素量が過飽和となりうるかも含めて議論する。

キーワード：火星、液体の水、大気
Keywords: Mars, Liquid water, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:石田 直人、戸丸 仁

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

10:45 ~ 11:00

[MIS21-01] $^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS21-02] 異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:15 ~ 11:30

[MIS21-03] ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

11:30 ~ 11:45

[MIS21-04] メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究

*青山 千春[1] (1.国立大学法人東京海洋大学)

11:45 ~ 12:00

[MIS21-05] Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1]、Tamara Baumberger[1]、Robert W. Embley[1]、Susan G. Merle[1]、Camilla Wilkinson[1]、Conrad Young[2] (1.NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA、2.Young Engineering, Ramona, CA. USA)

12:00 ~ 12:15

Discussion

$^{13}CH_4$を包接するメタンハイドレートの平衡圧
Equilibrium pressure of clathrate hydrates encaged $^{13}CH_4$

*菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、小関 貴弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Takahiro Ozeki[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$ (98.9%), $^{13}CH_4$ (1.1%), and CH_3D (0.013%) exist in nature. We often measure stable carbon isotope ($^{13}C/^{12}C$) of methane to understand its gas origin. Since their weight of isotopologues differ with each other, physicochemical properties of them are also different. Pure methane hydrate must be "mixed-gas hydrate" of their isotopologues. Ozeki *et al.* (2018) measured an equilibrium pressure of CH_3D hydrate, but that of $^{13}CH_4$ has not been studied yet. Fractionation of hydrogen isotope of methane during the formation of methane hydrate has been reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane becomes several ‰smaller than that of residual methane. This result suggests that the equilibrium pressure of CH_3D hydrate is larger than that of CH_4 hydrate, and Ozeki *et al.* (2018) demonstrated the difference between these equilibrium pressures. Since Hachikubo *et al.* (2007) showed no isotopic fractionation in methane $\delta\,^{13}C$, the equilibrium pressures of $^{12}CH_4$ and $^{13}CH_4$ hydrates are thought to be almost the same. In this study, we measured the equilibrium pressures of $^{13}CH_4$ hydrate to check the difference from that of $^{12}CH_4$ hydrate.

Methane hydrate samples were synthesized in small pressure cells (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in a pressure cell, and introduced $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). Clathrate hydrate was formed by melting the ice powder at the temperature of 273.2K under high pressure of methane. We also prepared normal methane (purity: 99.99% for methane, but 98.9% for $^{12}CH_4$, Takachiho Chemical Industry Co. Ltd.) hydrate as a reference, using the same preparation method. These pressure cells were placed in a temperature-controlled liquid bath, and measured their equilibrium pressures from 269.5K to 277.9K.

The difference in equilibrium pressure between $^{13}CH_4$ and normal methane (mainly $^{12}CH_4$) hydrates was smaller than the measurement error. This results agree with the previous report by Hachikubo *et al.* (2007).

References

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタンハイドレート、平衡圧、安定同位体
Keywords: gas hydrate, methane hydrate, equilibrium pressure, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

異なるハイドレート結晶構造に包接されたエタンの水素同位体分別
Hydrogen isotopic fractionation of ethane encaged in different crystallographic structure

*松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane and ethane mixed-gas hydrate forms the cubic structure II in appropriate gas composition. Hachikubo *et al.* (2009) measured isotopic compositions of Lake Baikal gas hydrates and showed that δD of hydrate-bound ethane in the structure II is smaller than that in the structure I. These results might be explained by the difference in hydrogen isotope fractionation between formation processes of the structure I and II. In the last JpGU meeting we reported that the isotopic difference between gas and hydrate phases increased to 9-12‰ in the case of the structure II, whereas the difference was 1-2‰ in the case of the structure I. However, the effect of methane on the isotopic fractionation of ethane is unknown. In this study, we choose argon instead of methane and synthesize argon and ethane mixed-gas hydrates to check the isotopic difference in ethane between gas and hydrate phases.

0.7 g of fine ice powder was introduced in a pressure cell (volume: 30 mL). Argon and ethane mixed-gas were introduced in the cell and gas hydrate sample formed at 274.2 K. Before the retrieval of gas hydrate sample, residual gas was sampled, and then gas hydrate was cooled at the temperature of liquid nitrogen and retrieved the hydrate-bound gas. We controlled the ethane composition of initial gas from 3% to 25%. We measured compositions of argon and ethane by a gas chromatograph, and hydrogen isotopic composition (δD) of ethane by a CF-IRMS. Crystallographic structure of gas hydrate was determined using a Raman spectrometer, because the Raman spectra (around 1000 cm^{-1}) of C-C stretching mode of ethane in hydrate phase provide information of the crystallographic structure.

Because ethane was concentrated into hydrate phase rather than argon, ethane compositions of hydrate-bound gas distributed from 30% to 71%. In the case of low concentration of ethane, crystallographic structure II forms due to the effect of argon (the structure II former). δD of hydrate-bound ethane was about 4-7‰ smaller than that of residual ethane in the case of structure II, where ethane composition was 30-36% in the hydrate phase. On the other hand, in the case of high concentration of ethane (around 70% in the hydrate phase) δD of hydrate-bound ethane was around 2‰ larger than that of residual ethane. In the transition zone between the structures I and II the isotopic difference between hydrate and residual gas phases seemed to be an intermediate value (1-4‰). From these results we can conclude that light ethane (C_2H_6) prefers to be encaged into the structure II clathrate hydrate, compared to heavy ethane (C_2H_5D).

Reference

Hachikubo A, Khlystov O, Manakov A, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H, Kalmychkov G, Poort J (2009) Model of formation of double structure gas hydrates in Lake Baikal based

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

on isotopic data. Geophys Res Lett 36: L18504. doi:10.1029/2009GL039805

キーワード：ガスハイドレート、エタン、水素同位体比
Keywords: gas hydrate, ethane, hydrogen isotope ratio

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ガスハイドレートの12, 14および16面体に包接された炭化水素のC–H対称伸縮振動の温度変化の傾向

Trend of effect of temperature on C–H symmetric stretching vibrational frequencies of hydrocarbon molecules in 12, 14 and 16-hedra cages of gas hydrates

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in well-defined cages formed by water molecules. Clathrate hydrates with natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates with enclathrated hydrocarbon gases that exist in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas.

There are three common crystallographic structures of hydrates, structure I (sI), structure II (sII), and structure H (sH). The unit cell of sI hydrates are composed of two pentagonal dodecahedral (5^{12}) and six tetrakaidecahedral ($5^{12}6^2$) water cages. The unit cell of sII hydrates are composed of sixteen 512 cages and eight hexakaidecahedral ($5^{12}6^4$) water cages. Small guest molecules such as methane (CH_4) or ethane (C_2H_6) form sI hydrates and larger molecules such as propane (C_3H_8) form sII hydrates.

In this study, we observed the variations of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of various hydrocarbons encaged in $5^{12,}$ $5^{12}6^2$ and $5^{12}6^4$ cages of sI and sII hydrates. By changing temperature, we investigated variations of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of guest hydrocarbons. It was revealed that the vibrations of guest hydrocarbons in smaller sI 51262 cages were greater than those in bigger sII 51264 cages. These results are inconsistent with our prediction in earlier study (Fuseya et al. 2018), that is, the volume of host water cages increases, and the variations of the Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations of guest hydrocarbon molecules in host water cages due to change temperature increase. Taking into account the facts obtained in this study and in our earlier study, we conclude that the temperature change of Raman shifts of C–H symmetric stretching vibrations is affected by geometric asymmetry of host water cages.

Reference

Sloan and Koh (2008) Clathrate Hydrates of Natural Gases, 3rd ed., CRC Press: Boca Raton, FL, USA

Fuseya *et al.* (2018) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *RSC Adv.* **8**: 3237-3242. doi: 10.1039/c7ra12334e

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析、粉末X線回折、分子振動
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy, powder X-ray diffraction, molecular vibrations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタンプルームと大気中のメタン濃度の関係に関する研究
The study on relations of the methane plume and atmospheric methane concentration

*青山 千春[1]
*Chiharu Aoyama[1]

1. 国立大学法人東京海洋大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology

はじめに、平成30年5月に閣議決定された第3期海洋基本計画においてメタンハイドレートは資源化に向けて着々と回収技術の検討と開発が進んでいる。メタンハイドレートが商業化される際、同時に環境への影響も調べ、影響を小さくすることが必要である。表層型メタンハイドレートの回収技術はこれから開発が始まる。深海域での環境影響評価に関する研究はほとんど報告されていない。そこで本研究では、メタンハイドレートにおける環境影響評価方法の提案を目的とする。注目したのは、ガス湧出海域直上の大気中はメタン濃度が高いのではないか。このことは環境への影響があると推察されるからその調査方法はどのようにすれば良いか検討を行う。方法は、ひとつめはメタンプルーム直上の海水中ナトリウムイオン濃度の測定は、2018年7月に神鷹丸に搭載された連層式採水器により深さ50メートル毎に採取した海水のサンプルを分析して深さ毎の濃度を求めた。ふたつめはメタンプルーム直上の大気中メタン濃度の計測は、2018年8月に第1開洋丸に大気メタンセンサーを設置してメタンプルームの直上海域のメタン濃度を測定した。 結果は、ひとつめに関しては、深さ毎の海水中のナトリウムイオン濃度に大きな変化は見られなかった。ふたつめは、メタンプルーム直上の大気中メタン濃度の上昇にはばらつきが見られた。計量魚群探知機で取得した海中のデータの一部が破損し、濃度とプルームの位置の関係を明らかにするにはデータ数が少なかった。破損の原因は不明である。考察として、ナトリウムイオン濃度に大きな変化が見られなかった理由は、ナトリウムイオンは海水中において濃度が高く、微細な変化があっても計測することができなかったためと考えられる。また大気中メタン濃度の上昇にばらつきが見られた。具体的にはメタンプルーム直上に船があった場合は大気中メタン濃度の上昇が確認され、船がメタンプルームから離れた場所に位置していた場合、大気中メタン濃度の上昇は確認できなかったことで、メタンプルームと大気のメタン濃度変化とは何らかの関係があることが示唆された。最後に、海中のメタンプルームと大気中のメタン濃度との関係を明らかにするためには、ADCPによる流況の計測や大気中の風向風力の観察をメタン濃度計測と同時に実施することと、長期の観測を実施することが必要であることがわかった。大気中のメタン濃度のモニタリングだけで海中や海底のメタン湧出状況を把握することができる。

キーワード：メタンプルーム、大気中メタン濃度、日本海
Keywords: methaneplume, methane concentration in atmosphere, Japan sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Sampling of Methane Bubble Plumes and Solid Gas Hydrate on the Cascadia Margin, Pacific Northwest

*John E Lupton[1], Tamara Baumberger[1], Robert W. Embley[1], Susan G. Merle[1], Camilla Wilkinson[1], Conrad Young[2]

1. NOAA Pacific Marine Environmental Laboratory, Newport, Oregon, USA, 2. Young Engineering, Ramona, CA. USA

The Cascadia Margin along California, Oregon, and Washington is host to hundreds of offshore methane seeps that produce bubble streams that ascend through the water column. In addition to the bubble streams, seismic reflection studies have detected the presence of extensive methane hydrate deposits beneath the seafloor. There are also a few sites along the Cascadia Margin where hydrate deposits are exposed and visible on the seafloor. During an expedition in 2016, our group used an ROV to collect uncontaminated samples of the bubble stream gas at several Cascadia Margin sites using special gas-tight bottles. Although we have successfully obtained samples of the bubble streams, the question remains as to whether the bubble streams are produced by the dissociation of hydrate, or instead represent free gas ascending through the sediment. We have developed a new sampler in which small samples of hydrate can be hermetically sealed into a small gas-tight volume in-situ while incorporating only a small amount of ambient seawater. The hydrate is then allowed to dissociate in the sample volume without exposure to air or other contaminates. During a return expedition to the Cascadia margin in June 2018 we successfully sampled solid methane hydrate at two sites using this new sampler and also collected additional samples of the free gas bubble streams. The paper will compare the results from these hydrate collections with the composition of the free gas.

Keywords: methane, hydrate, Cascadia Margin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | A02 東京ベイ幕張ホール

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)、座長:八久保 晶弘(北見工業大学)、戸丸 仁

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MIS21-06] 日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4] (1.明治大学院農学研究科、2.マックスプランク研究所、3.明治大学農学部、4.明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:00 ~ 14:15

[MIS21-07] 上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態

*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院理学研究院、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

14:15 ~ 14:30

[MIS21-08] メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2.鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3.千葉大学 理学部 地球科学科、4.明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所)

14:30 ~ 14:45

[MIS21-09] 日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1] (1.明治大学研究知財戦略機構、2.明治大学理工学部応用化学科)

14:45 ~ 15:00

[MIS21-10] オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3] (1.北見工業大学、2.北海道立総合研究機構地質研究所、3.北海道立総合研究機構釧路水産試験場)

15:00 ~ 15:15

[MIS21-11] All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1]、IVAN VARGAS-CORDERO[2]、JOAQUIM P. BENTO[3]、JAN BEHRMANN[1]、UMBERTA TINIVELLA[4]、MICHELA GIUSTINIANI[4] (1.Helmholtz Centre for Ocean Research、2.Universidad Andres Bello 、3.Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso、4.Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale)

日本周辺海域の大気CH_4濃度分布とガスプルーム
The distribution of atmospheric CH_4 concentration and gas plume location in the sea around Japanese islands.

*青木 伸輔[1]、小宮 秀治郎[2]、登尾 浩助[3]、松本 良[4]
*Shinsuke Aoki[1], Shujiro Komiya[2], Kosuke Noborio[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 明治大学院農学研究科、2. マックスプランク研究所、3. 明治大学農学部、4. 明治大学研究知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Agriculture, Meiji Universiy, 2. Max Planck Institute, 3. School of Agriculture, Meiji Universiy, 4. Gas Hydrate Laboratory - Meiji University Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Property

海底からのメタン湧出は広く報告されてきたが，大気に放出されることを示した報告は北極海の水深の浅い一部の海域などに限られる．その他の多くの海域でメタンは大気に到達せず，海水中で分解されると考えられている．しかし，メタンハイドレートの安定領域内では海底から湧出したメタンの表面にメタンハイドレートの殻を形成する．メタンハイドレートの殻はメタンの海水への溶解を遅らせるため，海洋の浅い場所までメタンを効率的に輸送するシステムとなる．この輸送システムによって運ばれるメタンの量を明らかにすることは難しく，一部のメタンが大気へ放出する可能性が指摘されている．メタンは二酸化炭素と同様に温室効果ガスの1つであるため，大気への放出は大気中濃度の上昇に繋がり，気候変動の要因になりうる．一方で，大気中濃度の上昇が起きるのであれば人工衛星による観測からメタンハイドレートの賦存域を探索する際の一助となる可能性がある．本研究では大気メタン濃度の連続観測とガスプルームの観測，CTDによる水温プロファイル測定を実施し，海底から噴出するメタンの大気への影響を検討した．調査海域はガスプルームの報告がある日本近海（7K14と7K15航海）と，対照海域として太平洋（MR15-3，KH16-3，KH17-3航海）である．メタンハイドレートの安定領域上限はCTD観測による水温プロファイルと海水中のメタンハイドレートの相平衡曲線から海域ごとに見積もった．太平洋で観測した大気メタン濃度は地球全体の平均濃度よりやや高い1.9 ppmで推移し，経時変化はほとんどみられなかった．日本近海で観測した大気メタン濃度も1.9 ppm程度が最頻値で，最上トラフや網走沖でのみ，他の海域に比べて高いメタン濃度（>2.1 ppm）を示した．この両海域ではガスプルームが観察されたため，ガスプルームの大気への影響を捉えたものと考えられる．しかし，ほかのガスプルーム海域（十勝や日高–胆振沖）で観測されたメタン濃度はガスプルームが観測されなかった海域とほとんど変わらなかったことから，すべてのガスプルームが常に大気中濃度に影響しているわけではないことがわかった．高いメタン濃度を観測した最上トラフと網走沖の大気メタン濃度分布とガスプルーム観測地点を地図上に示すと，ガスプルームの近辺でのみ高いメタン濃度が観測された．しかし，同地点を通過する際に常に高濃度が観測されるのではなく，時間によって異なる濃度が観測された．これは海底から湧出するメタンが海流や洋上の風によって流されること，湧出するメタンの量が変化したことが原因と考えられる．水温プロファイルから見積もったメタンハイドレートの安定領域上限は網走沖や最上トラフでやや浅くなった．Heeschen et al. (2003)はガスプルームの高さが安定領域上限の水深に一致することを報告したが，網走沖で観測されたガスプルームは安定領域の上限より浅い水深にまで達することがあった．本研究の結果から，浅い水深のガスプルームだけでなく，メタンハイドレートの安定領域が海洋の表層に位置する海域でも海底から噴出するメタンが大気に到達することが示唆された．本研究は経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部であり，産業技術総合研究所の再委託により実施した．7K14，7K15，MR15-3，KH16-3，KH17-3航海関係者に大変お世話になりました．ここに記して深謝いたします．

キーワード：ガスハイドレート、ガスプルーム、メタン
Keywords: gas hydrate, gas plume, methane (CH4)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上越沖海鷹海脚のガスチムニー内でのメタンの動態
Reaction/fixation/migration of methane within the gas chimney on the Umitaka Spur, eastern margin of the Japan Sea

*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
*Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院理学研究院、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

表層型ガスハイドレートが分布する海域では、ガスもしくはガスを大量に含んだ流体の流路として、顕著なガスチムニー（構造）が発達している。ガスハイドレートが形成し、成長もしくは溶解せずに存在し続けるためには、ガスチムニーを通じた継続的かつ大量のガス供給（メタンフラックス）が必要である。メタンフラックスの大小を比較するための指標としては、間隙水中の硫酸イオン濃度を用いた、SMI深度（＝硫酸イオンの濃度減少率）から、堆積物中をメタンが拡散移動した場合のメタンフラックスを見積もることができる。しかし、SMIではAOMで消費されているメタンフラックスを求めることができるが、実際には表層型ガスハイドレートが発達する系では、そのほかにガスハイドレートとして固定されているメタン、さらには海底に放出されているメタンを考慮して初めて、現実的なメタンフラックスの値となる。本研究では、ガスチムニー周辺のSMIの分布から求められたAOMで消費されるメタン量、掘削調査で明らかになったガスハイドレート中のメタン量、底層海水中の溶存メタン量と底層流の観測結果に基づいて、上越沖の海鷹海脚上のガスチムニー内のメタンフラックスの実態の解明を試みた。

ガスチムニー周辺のSMIは2.5から3.5 mbsf程度であり、これらの値から外挿したガスチムニー中心部（SMI: <1 mbsf）のメタンフラックスは>600 mmol/m^2/yrとなった。面積200×250 mのガスチムニー内には6×10^8 m^3のメタンがハイドレートとして固定されており、堆積物の年代との比較から、ガスチムニー内のメタンフラックスが常に一定で、すべてのメタンがハイドレート化していたとすると、>1500 mmol/m^2/yrのメタンフラックスが必要であることが明らかになった。また、海底直上の海水中のメタン濃度は場所によって大きく異なるが最大でも<1500 nMであり、底層水は<10 cm/s程度で移動していることから、ガスチムニー上では堆積物（海底）から海水中に<5 mmol/m^2/yr程度のメタンフラックスがあることが明らかになった。表層型ガスハイドレートを含む系では堆積速度が環境によって大きく変動すること、気体としてのメタンの移動量があること、溶解しているガスハイドレートがあることなど、実際には考慮しきれていない因子は多いが、近年の調査の進展により、現在の環境を反映させたガスチムニー内のメタンフラックスが明らかになってきた。

本研究では、経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業の一部として産業技術総合研究所の再委託により実施した調査で得られたデータを、一部使用している。

キーワード：ガスハイドレート、メタンフラックス、日本海
Keywords: gas hydrate, methane flux, Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

メタンハイドレート分解が誘発した斜面崩壊：隠岐トラフ南西部の海底地すべりの事例

Slope failures induced by methane hydrate dissociation: a case of submarine slide in the southwestern Oki Trough, Japan Sea

*石田 直人[1]、森下 翔太[2]、海老沼 孝郎[1]、戸丸 仁[3]、松本 良[4]
*Naoto Ishida[1], Shota Morihita[2], Takao Ebinuma[1], Hitoshi Tomaru[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻、2. 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科、3. 千葉大学 理学部 地球科学科、4. 明治大学 研究・戦略推進機構 ガスハイドレート研究所
1. Social Systems and Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tottori University, 2. Department of Social Systems and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University, 3. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Chiba University, 4. Gas Hydrate Research Laboratory, Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

ガスハイドレートが周辺環境に与える影響のひとつに，安定領域下限（base of gas hydrate stability: BGHS）の変動が誘発する斜面崩壊がある（例えば，Sultan et al., 2004）．日本海南部の隠岐トラフ南西部には多数の海底地すべりが存在するが（池原ほか，1990），近年の調査により，この海域は表層型メタンハイドレートの胚胎域であることが明らかになりつつある．日本海のBGHS深度は浅く，外的要因の影響を特に受け易いことが予想される．明治大学ガスハイドレート研究所による2018年学術調査航海（使用船舶：第七開洋丸（海洋エンジニアリング））では，隠岐トラフ南西部の海底地すべりを対象にBGHS変動との関連について検証した．

調査対象とした海底地すべりは鳥取市の北方約80 kmの隠岐トラフ南西斜面に位置しており，周辺にはマウンドやポックマーク等の表層型メタンハイドレート胚胎域に特徴的な海底微地形が多数分布している．地すべりのある斜面の傾斜は約1.6˚で，すべり方向は東北東，地形変状のすべり方向の長さは20 kmに達する．地すべり近傍の水深700 m，および水深1000 m地点の地温計測の結果，地温勾配はそれぞれ83.13 mK/m，99.42 mK/mと求められた．これから現在のBGHS深度は，水深700 m地点で115.1 mbsf，水深1000 m地点では130.5 mbsfと見積もられる．

地すべりの末端で採取したコアには，ATテフラの下位に泥礫を含む崩壊堆積物が見られた．堆積速度から換算して，この海底地すべりは約34 kaに発生したと考えられる．この年代は最終氷期最盛期に向けた海水準低下期にあたり，海水準は現在より100 m以上低かったとの試算がある（Spratt and Lisiecki, 2016）．海水準低下量と堆積速度に基づいてBGHSを復元したところ，地すべり発生当時，地すべり土塊の直下にBGHSが位置していたことが明らかになった．この海底地すべりはBGHSの上昇途中，つまりメタンハイドレートの安定領域が縮小しつつある過程で発生している．メタンハイドレートの分解が進行するにつれて斜面の地盤支持力が失われ，BGHSをすべり面として斜面が滑動した可能性が強く示唆される．

本研究は，経済産業省のメタンハイドレート開発促進事業として産業技術総合研究所の再委託により実施した研究の成果を一部に使用した．

キーワード：ガスハイドレート安定領域下限、海底地すべり、表層型メタンハイドレート、隠岐トラフ、日本海
Keywords: base of gas hydrate stability, submarine slide, shallow-type methane hydrate, Oki Trough, Japan Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海の硫化水素含有メタンハイドレートの生成と進化
Origin and evolution of H_2S-bearing methane hydrate in the Sea of Japan

*松本 良[1]、深澤 倫子[2]、蛭田 明宏[1]、Snyder Glen[1]
*Ryo Matsumoto[1], Tomoko Fukazawa[2], Akihiro Hiruta[1], Glen Snyder[1]

1. 明治大学研究知財戦略機構、2. 明治大学理工学部応用化学科
1. Organization for the Strategic Laboratory of Research and Intellectual Properties, Meiji University, 2. Department of Applied Chemistry, School of Science and Technoloty, Meiji University

日本海の表層型メタンハイドレート鉱床は、２つの発達段階を経て成立した。第一段階は高い熱流量を維持し続け、有機物を集積し、さらに反転テクトニクスによってガス移動と集積場を準備した日本海形成の2500万年の構造発達過程で、これにより、ハイドレートの“容れ物”としてのガスチムニーが発達した。第二段階は数10万年のタイムスケールの氷期・間氷期変動である。氷期・海水準低下に対応した深部ハイドレートの広域的分解とメタン供給の強化によって効率的な集積がなされた。高フラックス時には海底下数10メートル以内で粒子排除型の結晶成長により塊状ハイドレート形成が進んだ。この時、海底付近での硫酸-メタン反応も強化され表層直下に硫化水素が蓄積、表層数メートル以内で生成したハイドレートは硫化水素を最大数パーセントも取り込んだ。海水準低下に呼応し、ガスチムニーの最上部には硫化水素含有ハイドレートが繰り返し発達した。一方、継続的な成長に伴って埋没するハイドレートは埋没過程で硫化水素を失い、ガスチムニーの深部での硫化水素含有量は数10ppm程度となるものが多い。

日本海の拡大と収縮に関係した断層を通路とした深部過剰ガスの定常的供給と、海水準低下期におけるハイドレートの分解と再沈殿（メタンのリサイクル）が、日本海における密集型メタンハイドレート発達の要因であると結論できる。

キーワード：表層型メタンハイドレート、硫化水素、氷河性海水準変動
Keywords: shallow gas hydrates, H2S, eustatic sea level change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オホーツク海網走沖新地点での天然ガスハイドレートの発見
Discovery of gas hydrate at the new point off Abashiri, the Sea of Okhotsk

*八久保 晶弘[1]、松田 純平[1]、山下 聡[1]、坂上 寛敏[1]、小西 正朗[1]、南 尚嗣[1]、仁科 健二[2]、坂口 健司[3]
*Akihiro Hachikubo[1], Jumpei Matsuda[1], Satoshi Yamashita[1], Hirotoshi Sakagami[1], Masaaki Konishi[1], Hirotsugu Minami[1], Kenji Nishina[2], Kenji Sakaguchi[3]

1. 北見工業大学、2. 北海道立総合研究機構地質研究所、3. 北海道立総合研究機構釧路水産試験場
1. Kitami Institute of Technology, 2. Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, 3. Kushiro Fisheries Research Institute, Hokkaido Research Organization

To understand environment of near-surface gas hydrates at the sea floor, HKS16, HKS17, and HKS18 cruses were conducted using RV Hokushin-Maru (255t) of the Kushiro Fisheries Research Institute off Abashiri, the Sea of Okhotsk, in a framework of joint research between Kitami Institute of Technology and Hokkaido Research Organization. We report success in retrieval of hydrate-bound sediment cores using a research vessel belonging to Hokkaido Prefecture. In this area, natural gas hydrates have been recovered in the NT13-20 and C020 cruises using RV Natsushima and TS Oshoro-maru, respectively. We also observed gas hydrate crystals with many crabs at the seepage sites using a remotely operated vehicle (ROV, KAIYO3000) in the 1KY17 cruise. In the cruise of HKS18, we got gas hydrate samples from a gas seepage site, located 2 km south from the 1KY17 site.

In the HKS18 cruise, we used a hydrostatic corer optimally tuned for a small vessel and a transponder to know exact position of the corer. We obtained nine sediment cores, including two hydrate-bound cores. Gas hydrate crystals were preserved in liquid nitrogen, and sediment gases were obtained by a headspace gas method. Raman spectroscopic analysis was conducted to know crystallographic structure, hydration number and cage occupancies. Molecular and isotopic compositions of gas samples were measured using a gas chromatograph and an isotope ratio mass spectrometer, respectively.

Crystallographic structure of gas hydrate samples belonged to the structure I, and hydration number was estimated as 6.00±0.02. Hydrate-bound H_2S molecules were also detected in the Raman spectra. Hydrate-bound gas was mainly methane, and C_1 / (C_2 + C_3) distributed between 30,000 and 60,000. C_1 $\delta^{13}C$ and δD were -66‰ and -197‰. These molecular and isotopic compositions of hydrate-bound hydrocarbons suggested microbial origin. The depths of sulfate-methane interface (SMI) in HC1807, HC1808, and HC1810 cores were less than 30 cm, indicating high gas flux. Concentrations of H_2S in the headspace gas samples were in the same order (around 1 mM), therefore process of anaerobic oxidation of methane was active. C_1 / (C_2 + C_3) of headspace gases in the hydrate-bound cores (HC1807 and HC1808) distributed between 4,000 and 9,000, and those of other sediment cores were relatively small, indicating that they are in the oxidation layer above the SMI depth. Headspace gas in the HC1808 core contained a lot of isobutane. It is possible that thermogenic gas supplied from deeper sediment layer partly mixes with microbial gas.

キーワード：ガスハイドレート、オホーツク海、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Sea of Okhotsk, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

All about gas hydrates and heat flow offshore Chile

*LUCIA ALEJANDRA VILLAR MUNOZ[1], IVAN VARGAS-CORDERO[2], JOAQUIM P. BENTO[3], JAN BEHRMANN[1], UMBERTA TINIVELLA[4], MICHELA GIUSTINIANI[4]

1. Helmholtz Centre for Ocean Research, 2. Universidad Andres Bello , 3. Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso, 4. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale

From a geological point of view, Chile lies in an incomparable area of the globe, which include four tectonic plates moving against (Nazca, Antarctic, South American and Scotia plates), two triple junctions (Chile and Fuegian triple junctions), numerous mega-earthquakes and tsunami-related, more than 500 active volcanoes, the Andes, and several mineral resources. One of the last natural resources where the Chilean government and institutions have focused on is in gas hydrate, which is a solid ice-like form of water that contains gas molecules highly-concentrated in methane. Since Chile import most of its gas budget, hence the discovery of this new resource open a new window for the national economy, but also for geosciences, due to methane that escapes from sediments and enter to the ocean or even reach the atmosphere could pose a great environmental threat. To identify the presence of hydrates, in this thesis it was used the bottom-simulating reflector BSR, which has the half amplitude and opposite polarity relative to the seafloor.

Moreover, fluids play a key role in the nucleation and rupture propagation of earthquakes in convergent margins, since are a major agent of advective heat transfer from depth to the Earth’ s surface. If provide enough information for the regional heat flow we will improve our knowledge of these violent shakes of plate motion. For this purpose, it is crucial to know the BSR-depth, which serves to calculate the steady-state heat flow q (mW m^{-2}), and therefore, the heat flow can be envisaged in a regional overview.

This work aims to investigate the tectonic processes of the Chilean forearc through the calculation of the regional BSR-derived heat flow, identification of fluid escape sites, description of the distribution of gas hydrates and estimation of the gas hydrate and free gas reservoirs .

One of the major results is the regional overview of the thermal regime and BSR-based gas hydrate distribution along the Chilean forearc. Here, the BSR was identified into the marine sediments mainly along the accretionary prism between 33˚-57˚S, around 2000 m water depth, and between 90-600 m below seafloor. The heat flow estimated through the forearc on the upper and middle continental slope, from Valparaiso to Chiloe (33˚-43˚S), shows common values of heat flow for the continental basement and overlying slope sediments. However, on the lower slope of the actively deforming accretionary wedge, some places show unexpected values, which indicates that advecting pore fluids from deeper may transport a considerable part of the heat there.

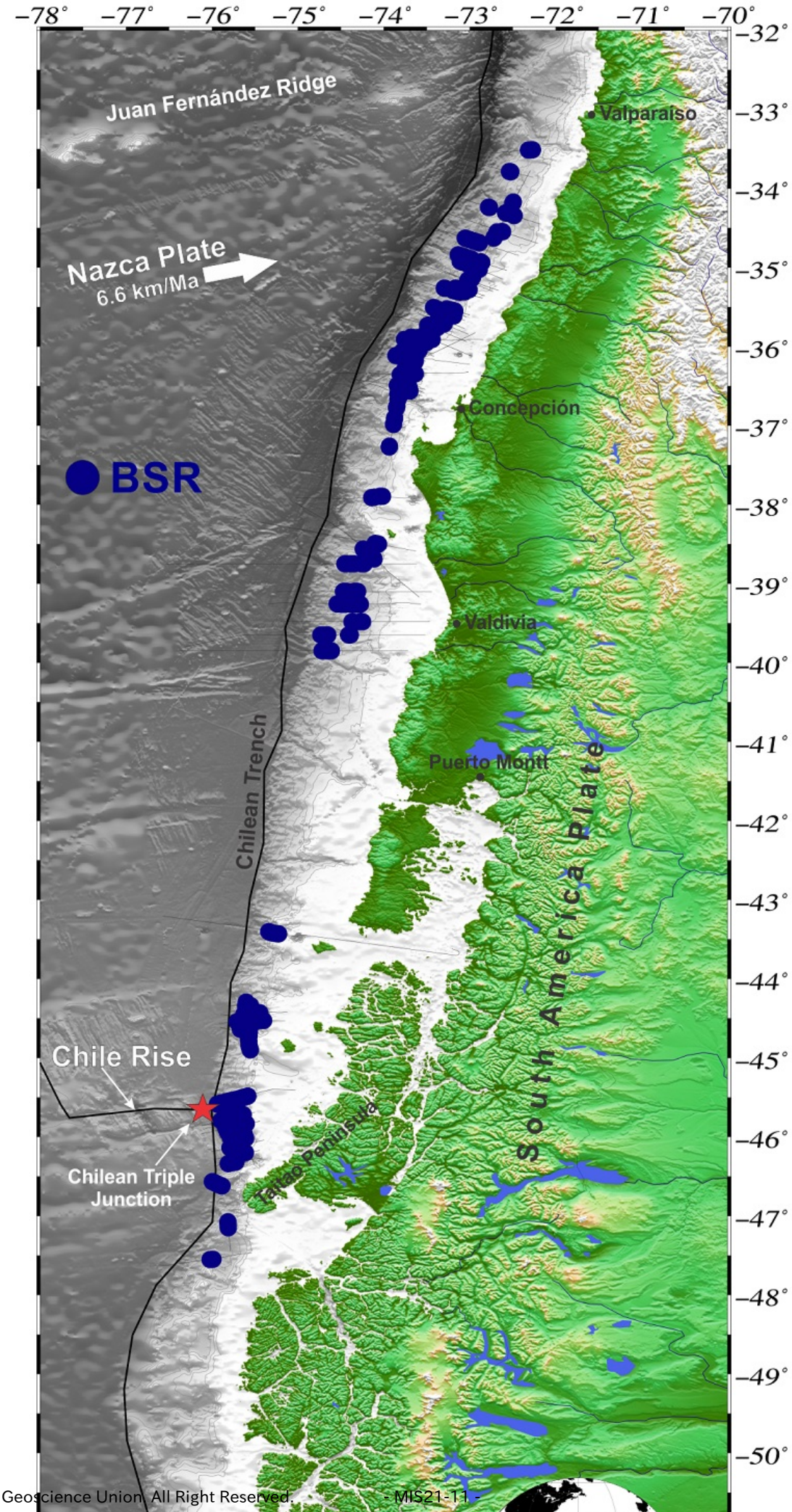
Southern, a second approach was made over a large area of extremely anomalous heat flow that is associated with a major tectonic feature: the Chile Triple Junction. In this unusual place, the Nazca, Antarctic and South American plate converge in a common point; while an active spreading centre (the Chile Rise) is subducting beneath the continental plate. Here, gas hydrates are located in very shallow sediments and the extreme values of heat flow estimated (<280 mW m^{-2}) indicate that the overriding South American Plate is effectively heated by subjacent zero-age oceanic plate material. In order to improve the understanding of the geological risk, in case the methane is released to the ocean/atmosphere system, it was estimated the concentration of gas hydrate in this particular region.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Finally, in the southernmost tip of the continent (offshore Patagonia), the heat flow estimated once again shows a range of values typical for subduction zones of oceanic crust older than 10 Ma. Here, a high concentration of methane hydrate is present beneath the active margin. The average thickness of the gas hydrate layer modelled is almost 300 m and the volume of methane estimated is more than $3x10^{13}$ m^3 at standard pressure-temperature conditions, concluding that the active forearc of the Chilean Patagonia is an important reservoir of methane hydrates.

Keywords: gas hydrates, heat flow, BSR, active margin, Chile, fluids flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

Raman spectroscopic analysis of isotopologue methane hydrates

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Raman spectroscopy is one of the useful tool to get information of gas hydrate crystals. Natural gas hydrates in submarine/sublacustrine sediment mainly encage methane. Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$, $^{13}CH_4$, and CH_3D exist in nature. Ozeki *et al.* (2018) first reported Raman spectra of CH_3D and CD_4 hydrates and compared with CH_4 (mainly $^{12}CH_4$) hydrate. We report Raman spectra of $^{13}CH_4$ hydrate and summarize Raman spectra of isotopologue methane hydrates.

$^{13}CH_4$ hydrate sample was synthesized in a small pressure cell (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in the pressure cell, and introduced appropriate amount of $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). $^{13}CH_4$ hydrate was formed by melting the fine ice powder at the temperature of 273.2 K under high pressure of $^{13}CH_4$. We retrieved the hydrate sample at 77 K and its Raman spectra was obtained at 123 K in the range 2,500-3,300 cm^{-1} using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). The Raman peaks were fitted in the range 2,800-3,000 cm^{-1} for the C-H stretching peaks of methane using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane encaged in the large and small cages of the cubic structure I.

Raman shifts for the C-H stretching and bending modes of $^{13}CH_4$ was 0.8 cm^{-1} and 14 cm^{-1} smaller than those of $^{12}CH_4$, respectively, suggesting that ^{13}C-H bonds affect its vibrational frequency. Hydration number of $^{13}CH_4$ was estimated as 6.00±0.02, almost the same as that of $^{12}CH_4$ (6.02±0.02). Therefore, Cage occupancies of $^{13}CH_4$ and $^{12}CH_4$ hydrates showed no difference between them.

Reference

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

キーワード：メタンハイドレート、ラマン分光分析、同位体分子種
Keywords: methane hydrate, Raman spectroscopy, isotopologues

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源
Gas origin of hydrate-bound gas in Lake Baikal

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Oleg Khlystov[2], Gennadiy Kalmychkov[3], Marc De Batist[4], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学、2. ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3. ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4. ゲント大学
1. Kitami Institute of Technology, 2. Limnological Institute, SB RAS, 3. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 4. Ghent University

In the framework of international collaboration between Kitami Institute of Technology (Japan), Limnological Institute (Russia), and Ghent University (Belgium), natural gas hydrates have been recovered from lake-bottom sediments at Lake Baikal. Near-surface gas hydrate was first discovered at the Malenky mud volcano at the southern Baikal basin in 2000. Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2018) has revealed distribution of near-surface gas hydrates at the southern and central Baikal basins. We found six new places (Enkhelook, Soukhaya, KIT, LIN, PosolCanyon1, and PosolCanyon2) during the VER18-03 cruise in 2018. The total number of places where near-surface gas hydrates were retrieved is 53. In this report, we summarize characteristics of hydrate-bound gases retrieved from all the sites since 2005.

Gas hydrate crystals were recovered from lake-bottom sediment cores, and hydrate-bound gas samples were stored in 5-mL vials. Total number of hydrate-bound gas samples was 626. Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound gas were measured using a gas chromatograph and a stable isotope ratio mass spectrometer.

In the Bernard plot, C_1 $\delta^{13}C$ and C_1 / (C_2 + C_3) distributes from -70‰ to -44‰ and from 6 to 100,000, respectively, suggesting that the origin of hydrate-bound gas is microbial, thermogenic, and their mixed-gas. Almost all data are plotted on the mixing line between microbial and thermogenic, however, Gorevoy Utes (oil seep site) showed thermogenic C_1 with small composition of C_2 and C_3. The data concentrates in the microbial field (C_1 $\delta^{13}C$: -66‰ and C_1 / (C_2 + C_3): 1,000-10,000). C_1 δD of thermogenic C_1 increases with C_1 $\delta^{13}C$. C_2 $\delta^{13}C$ distributes from -69‰ to -23‰. 17 sites (ex. Solzan, Talanka, Turka, KIT, etc.) showed microbial C_1 and C_2. 27 sites (Malenky, Oblom, Seep13, Kukuy K6, etc.) showed microbial C_1 and thermogenic C_2, indicating that small amount of thermogenic gas is mixed with microbial gas. Other sites (Mamay, PosolBank, Gorevoy Utes, Kedr, etc.) showed thermogenic C_1 and C_2. The Milkov plot (relation between C_1 $\delta^{13}C$ and C_2 $\delta^{13}C$) can express mixing condition between microbial and thermogenic rather than the Bernard plot. C_2 δD decreased with decrease in C_2 $\delta^{13}C$, therefore microbial C_2 is both depleted in ^{13}C and D. We conclude that hydrate-bound gas at Lake Baikal is mainly microbial gas, and thermogenic gas ascends from deep layer at some areas (Kedr, PosolBank, Kukuy, and Gorevoy Utes) and forms the structure II gas hydrate.

キーワード：ガスハイドレート、バイカル湖、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Lake Baikal, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

Validation of self-preservation effect of methane and ethane mixed-gas hydrate by Raman spectroscopy

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane hydrate can be stored long time under atmospheric pressure below 273.2K, even though their P-T conditions is unstable, namely "self-preservation effect". On the contrary, Takeya and Ripmeester (2008) reported that ethane hydrate shows no self-preservation. In natural condition, methane and ethane mixed-gas hydrates have been found at Lake Baikal, however, there is no information for the mixed-gas system. In the last JpGU meeting we report self-preservation effect for mixed-gas hydrate, but the conditions of samples are not uniform. Because the size of crystals affect rate of survival at higher temperature, we controlled the specific surface of area of gas hydrate samples in this study.

We put 0.7 g of fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) into a pressure cell (volume: 30 mL) and mixed-gas of methane and ethane was introduced. Hydrate crystals formed at 273.2 K. The gas hydrate sample was degased and recovered at the temperature of liquid nitrogen. We controlled the ethane composition of hydrate-bund gas from 0% to 100%, covering the area of methane-rich structure I, ethane-rich structure I, and their intermediate structure II. We measured compositions of methane and ethane by a gas chromatograph (GC-2014, Shimadzu Corporation). Gas hydrate samples were placed on a temperature-controlled device and kept at 80 K. Raman spectra of hydrate samples were obtained using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). We checked the Raman spectra of C-H stretching mode at 83 K, and then increased the sample temperature every 10 K until complete dissociation. We calculated the Raman peak area for C-H stretching mode of methane and ethane around 2900 cm^{-1} by a peak fitting method and obtained the survival rate of gas hydrate samples with temperature.

Pure methane hydrate survived well, more than 20% of hydrate still remained at 263 K, whereas pure ethane hydrate completely dissociated at around 200 K. These results agree well with our previous report. As for mixed-gas hydrate composed of methane and ethane, the rates of survival of structure I were lower than that of pure methane hydrate, but the crystals remained till 253 K, suggesting self-preservation. That of structure II well remained at 83-183 K, but quickly disappeared at 213 K. Therefore, it is possible that the survival rate of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane depends on not only gas composition but also crystallographic structure.

Reference

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Ed 47: 1276-1279

キーワード：ガスハイドレート、自己保存効果、メタン、エタン
Keywords: gas hydrate, self preservation effect, methane, ethane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

Experimental study on the phase equilibrium condition of CO_2 hydrate with marine sediment

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1]
*Daisuke Maki[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

ガスハイドレートは、日本周辺の海底の堆積物中に存在が確認されており、天然ガスを大量に含む次世代のエネルギー資源として注目されている。ガスハイドレートの分布や資源量を推定するには、ガスハイドレートの相平衡条件の十分な理解が必要である。これまで温度、圧力、ガスや水の組成などが相平衡条件へ与える影響は多く研究されてきたが、特に表層型ガスハイドレートが存在する海域の堆積物を用いた実験的研究はほとんど行われていない。本研究では、ガスハイドレートの主成分であるメタンと似た挙動を示す二酸化炭素ハイドレートを合成し、表層型ガスハイドレートが分布する日本海の海底で採取された泥質堆積物を含む環境で、相平衡条件を測定した。その結果、泥質堆積物が存在すると相平衡が低温側に約0.2 ℃、高圧側に約0.1 MPa移動し安定領域が減少することが明らかになった。これは、ガスハイドレートの安定に堆積物の存在が影響し、ガスハイドレートの分布、資源量の推定に温度・圧力だけでなく堆積物の存在を考慮する必要があることを示す。

キーワード：ガスハイドレート、相平衡
Keywords: gas hydrate, phase equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析
Raman spectroscopic analysis of structure H gas hydrates encapsulating cyclic hydrocarbons

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of well-defined cages formed by water molecules and guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in the cages. Clathrate hydrates including natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas. There are three common crystallographic structure of hydrates, structure I (sI), structure II (sII) and structure H (sH). In the case of microbially sourced gas hydrate system, the gas hydrates are generally sI CH_4 hydrates. On the other hand, sH hydrate was found at northern Cascadia margin, where thermogenic larger hydrocarbons exist [Lu et al. 2007]. For instance,, cyclohexane (CH), methylcyclopentane (MCP), methylcyclohexane (MCH) and other large hydrocarbons, which is capable of forming sH hydrate with help gas like CH_4, were detected at the area. From the above, study for sH hydrate which encapsulating these large hydrocarbons are important for further understanding of natural gas hydrates.

In this study, sH CH_4 and larger cyclic hydrocarbon (CH, MCP and MCH) mixed hydrates were prepared. We observed the variations of Raman spectra of these cyclic hydrocarbons due to enclathrated water cages of gas hydrate. C–H and C–C stretching regions of enclathrated these cyclic hydrocarbons were measured by the Raman spectroscopic method., The Raman spectra of C–C stretching region of these hydrocarbon are useful for identification of guest molecules in natural gas hydrates because the number of Raman peaks of C–C stretching region are smaller than that of C–H stretching region.

Reference

Lu *et al.* (2007) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *Nature*. **8**: 303-306.

doi: 10.1038/nature0546.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証
Investigation of self-preservation of argon hydrate by measuring specific surface area

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Ikeura[1], Daisuke Yahagi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami institute of technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Self-preservation occurs during the dissociation of gas hydrate and drastically decreases speed of dissociation at around 253K and under atmospheric pressure in the case of methane hydrate. Takeya and Ripmeester (2008) revealed that not only methane but also nitrogen, oxygen, argon, and CO_2 hydrates showed the same self-preservation effect. This phenomena is explained that (1) gas hydrate dissociates below the ice point, (2) ice remains on the surface of crystals, (3) ice layer forms and covers on the surface of hydrate and prevent from further dissociation. We developed a device for measuring specific surface area of snow particles (Hachikubo *et al.*, 2014), and it is also available for gas hydrate crystals. Because self-preservation phenomena depends on temperature, we investigated the change of specific surface area of argon hydrate samples in their dissociation process under various temperature conditions.

Fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) were formed in liquid nitrogen using water spray and sieved in a cold room (temperature: 255 K). 3 g of ice balls were put into a pressure cell (volume: 30 mL) and measured their specific surface area. After that, argon was introduced and hydrate crystals formed at 273.2 K. Temperature of the samples were controlled at 226K, 243K, 254K, and 263K, and then the residual gases in the pressure cell were quickly removed. The internal pressure decreased to the atmospheric pressure and the samples started to dissociate. Dissociation times were controlled as 1 minute, 10 minutes, and 100 minutes, and after that the samples were fixed at the temperature of liquid nitrogen and we measured their specific surface area. Their dissociation rate were estimated from weight data of gas and water. Specific surface area of the original fine ice balls and (pure) argon hydrate samples were also measured.

Ice balls were expected to change completely into “hydrate balls”, however, more fine and irregular grains of argon hydrate were observed using an optical microscope Specific surface area of original ice balls was 71±5 [m^2 kg^{-1}], and that of argon hydrate increased to 119 [m^2 kg^{-1}]. When the dissociation period was 1 minute, more than 90% of hydrate still remained at 226-263 K. The rate of dissociation at 254 K was fastest in the case of 10 minutes dissociation (65% of hydrate remained), but about 80% of hydrate sample remained at 263 K. The specific surface area was around 120 [m^2 kg^{-1}] after 10 minutes at 263 K, indicating that the condition of surface was not changed at 263 K. On the other hand, the specific surface area increased to 279 [m^2 kg^{-1}] at 226 K after 10 minutes. Therefore, these results indicate that the self-preservation effect appeared at 263 K and kept the surface of crystals smooth rather than the case at 226 K.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Int Ed 47: 1276-1279

Hachikubo A, Yamaguchi S, Arakawa H, Tanikawa T, Hori M, Sugiura K, Matoba S, Niwano M, Kuchiki K, Aoki T (2014) Effects of temperature and grain type on time variation of snow specific surface area. Bull Glaciol Res 32: 47-53

キーワード：ガスハイドレート、アルゴン、自己保存効果、比表面積
Keywords: gas hydrate, argon, self preservation effect, specific surface area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別
Carbon isotope fractionation of CO_2 during the formation of clathrate hydrate

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Hiromi Kimura[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Hydrogen Isotope fractionation in methane during the formation of clathrate hydrate was reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane is 4.8±0.4‰ lower than that of residual methane at 274.2K. Although natural methane hydrates distribute widely in the world, natural CO_2 hydrate was only reported at the Okinawa Trough (Sakai *et al.*, 1990). It is also possible that CO_2 hydrate exists in Mars. Isotopic fractionation of guest gas may provide useful information to understand formation processes of gas hydrate. Luzi *et al.* (2011) revealed that CO_2 $\delta\,^{13}C$ in hydrate-bound gas is 0.9‰ lower than that of residual gas, suggesting that light CO_2 molecules prefer to be encaged into clathrate cages. In this study, we checked the temperature effect on the isotopic difference between residual and hydrate-bound CO_2.

Samples of CO_2 hydrate (weight: 0.7 g) were experimentally prepared in a pressure cell (volume: 30 mL), and the temperature was controlled by a liquid bath (258-274 K) and cold rooms (226-254 K). Isotopic compositions of both residual and hydrate-bound CO_2 were measured by an isotope ratio mass spectrometer (IRMS). Samples were formed in the temperature range from 226 K to 274 K. The carbon isotopic differences between hydrate-bound and residual CO_2 distributed between 1.2‰ and 1.5‰, agreed fairly well with the previous report (Luzi *et al.*, 2011). The difference seemed to be large (1.5-2.0 ‰) at 226 K, indicating that the equilibrium pressure of $^{13}CO_2$ hydrate is slightly larger than that of $^{12}CO_2$ hydrate, and the difference between them becomes large in lower temperature. We will show these equilibrium data for $^{13}CO_2$ and $^{12}CO_2$ hydrates and compare with the results in stable isotope.

Reference

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

Sakai H, Gamo T, Kim ES, Tsutsumi M, Tanaka T, Ishibashi J, Wakita H, Yamano M, Oomori T (1990) Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-okinawa trough backarc basin. Science: 248, 4959, 1093-1096.

Luzi M, Schicks JM, Erzinger J (2011) Carbon isotopic fractionation of synthetic methane and carbon dioxide hydrates. Proc. 7th International Conference on Gas Hydrates (ICGH2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、安定同位体、CO2、同位体分別
Keywords: gas hydrate, stable isotope, carbon dioxide, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査
Gas hydrate survey off Tokachi (the Pacific Ocean) in the framework of practical education of Kitami Institute of Technology

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Ikeura[1], Akihiro Hachikubo[1], Masaaki Konishi[1], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学
1. Kitami Institute of Technology

Distribution of BSR (bottom simulating reflector) has been reported off Tokachi, the Pacific Ocean (Hayashi *et al.*, 2010). Kitami Institute of Technology started gas hydrate survey in this area on 2014, using TS Oshoro-maru of Hokkaido University. This program is conducted in the framework of practical education (name of lecture: “Practical learning about the Okhotsk Region, its history and the natural environment”), and about 40 students participate the cruise. Three cruises (C008, C046, and C061) were executed in 2014-2018. We found many gas seeps ascending from sea floor, those height exceeded 700 m from the sea floor. We recovered gas-rich sediment cores by a gravity and hydrostatic corers. Here, we report characteristics of sediment gas in this area.

Samples of sediment gas, mainly dissolved gases in pore water, were obtained by a headspace gas method. 10 mL sediment was sampled from the sediment core by a plastic syringe (volume: 5 mL) and put into a 25 mL vial. 10 mL NaCl aqueous solution was introduced into the vial by using a micropipette and sealed employing a butyl rubber septum to make a headspace (5 mL volume). To avoid any changes in the headspace, preservative (benzalkonium chloride, BKC) was added and the headspace part was flushed by helium. We roughly checked gas composition of sediment gases onboard using a portable gas chromatograph, and after that we measured the molecular and isotopic compositions of headspace gases using another gas chromatograph and CF-IRMS in our laboratory.

Concentration of C_1 increased with depth, and exceeded 1 [mM] in the bottom of some sediment cores (C008-GC1403, C046-GC1702, and C061-GC1803), indicating that their depths of SMI (sulfate-methane interface) were small and active gas seep existed at the sea floor. The minimum SMI depth was 50 [cmbsf] in C008-GC1403. C_1 / (C_2 + C_3) in these gas-rich layer was from 300 to 700. Concentration of H_2S exceeds 1 [mM] in the bottom of sediment cores. These results indicate that microbial gas is supplied from lower layer and AOM (anaerobic oxidation of methane) processes is active in beneath the sea floor. C_1 $\delta^{13}C$ profiles showed minimum values (lower than -100‰) at the SMI depth in C061-GC1803. C_2 $\delta^{13}C$ distributed between -55‰ and -30‰, suggesting that C_2 seems also microbial origin.

Reference

Hayashi M, Saeki T, Inamori T, Noguchi S (2010) The distribution of BSRs related to methane hydrates, offshore Japan. J Jpn Assoc Petrol Technol 75(1): 42-53

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタン、太平洋
Keywords: gas hydrate, methane, the Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴
Geochemistry of pore water and gas in shallow sediments from offshore Primorsky Krai, Russia

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3]
*Musashi Yokoyama[1], Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2], Glen Snyder[2], A.V. Yatsuk[3], D.A Shvalov[3]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 明治大学研究知財戦略機構、3. ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所
1. Department Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 3. Gas Geochemistry Laboratory, V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute

近年の海洋調査で、日本海東縁の海域には表層型メタンハイドレートの形成を支持するガスチムニー構造が数多く見つかっている。ロシア沿海地方沖はガスチムニーが発達する日本海辺縁域の北端部に位置し、日本海盆とタタールトラフが接する。本研究では日本海盆北縁からタタールトラフ南西部まで海域の、ガスチムニーを含む様々な水深から採取された堆積物間隙水とヘッドスペースガスの化学分析結果から、この海域に分布するガスチムニー構造の地球化学的な特徴を明らかにすることを目的とした。調査はロシア沿海地方沖の南部と北部の二つの海域で行われ、重力コアラーを使用して堆積物を回収した。調査期間中に同時に行われたSCSによる調査では、南部の海域には明瞭なガスチムニー構造はほとんど認められず、コアは水深（陸からの距離）や緯度（SCSの測線）の異なる地点から採取された。一方、北部の海域では、複数の顕著なガスチムニーが認められ、その周辺からもコアが採取された。

間隙水中の硫酸イオンは堆積物深部から供給されるメタンを酸化するため、海底面直下で濃度が急激に低下する。メタンフラックスが大きくなれば硫酸イオンの濃度勾配は大きくなり、より浅部に硫酸ーメタン境界（sulfate-methane interface: SMI）が出現する。両海域とも硫酸イオンは深度ともに直線状に減少していたが、全体的に北部の海域の方が南部にくらべてSMI深度が浅く、メタンフラックスが大きいことが明らかになった。これは、大陸（調査海域西方のロシア沿海地方）よりも、タタールトラフに沿って供給された有機物が、メタンの主な起源となっているためであると考えられる。

また、特に北部のガスチムニー直上で採取したコアでメタンフラックスが大きかったが、水深が浅いガスチムニーで特にメタンフラックスが大きい傾向が見られた。これは、トラフ底の堆積物深部で生成したメタンが間隙率の高い地層に沿って西側の斜面を上昇し、圧力の低下とともに相対的な濃度が上昇してガスチムニーを作っている可能性を示唆する。
南部ではガスチムニーサイトの数も少ないが、間隙水溶存ガスがリファレンスサイトと同等かそれ以下の濃度を示しており、南部の海域においてはガスチムニーが相対的にガスの供給源として非活発的である可能性が示唆された。さらに北部ではSMI深度が浅い、ガスチムニーサイトであるなどの共通点を持つコア同士でも濃度に差が表れたことから、水深や堆積環境によって堆積物中におけるガスの滞留のしやすさが異なっていると考えられる。ガスのC1/C2比は表層付近で小さな値を示すコアが多く見られ、これはAOMによってメタンのみが選択的に消費されたことが原因である。また、北部ではSMI深度付近でスパイク状に上昇するコアがいくつか見られた。これはSMI付近で微生物により、メタン生成が行われている可能性が考えられる。

キーワード：ガスチムニー、メタン
Keywords: gas chimney, methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動
Late Quaternary Total Organic Carbon fluctuation in the eastern Japan Sea and offshore of the Russian maritime provinces

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4]
*Yuta Hirano[1], Kyousuke Sakamoto[1], Naoto Ishida[2], Takao Ebinuma[2], Koji Seto[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2. 鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3. 島根大学エスチュアリー研究センター、4. 明治大学ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Sustainability Science Methane Hydrate Course ,Tottori University, 2. Tottori Univ., 3. Shimane Univ., 4. Meiji Univ.

日本海南部～東部は対馬暖流の影響下にあり，生物生産量の高い海域である．日本海の表層で生成された有機炭素は沈降して堆積物中に固定され，埋没を経て，やがては炭化水素の供給源になる．過去の生物生産量を反映するとされる堆積物中の有機炭素濃度について，日本海東縁とロシア沿海州沖で採取されたコアに記録された後期第四紀の変動を報告する．

メタンハイドレートの生成にはメタンが必要不可欠である．メタンは，堆積物中に含まれている有機物が熱分解生成（熱分解起源），及び，微生物活動により生成して（微生物起源），堆積物深部から表層へ上昇する．そこで，表層型メタンハイドレート賦存海域である日本海において，堆積物中の全有機炭素量（TOC），全窒素（TN），および全硫黄（TS）の３成分の濃度を測定し，有機炭素濃度の変動，および有機物の起源を明らかにする．

本研究で用いた試料は，日本海南部の隠岐トラフ（PC1606），新潟県沖の最上トラフ南部（PC1726），日本海北部の沿海州沖のプリモーリエ沖北部～タタールトラフ（Lv81-35GC）の海域から採取した．各コアの年代幅はPC1606が59ka以降，PC1726が17ka以降，Lv81-35GCが42ka以降である．

分析には島根大学エスチュアリー研究センターに設置されているCNS分析装置を使用した．分析試料には，110℃のホットプレートで乾燥した約１gの堆積物試料を均質化するためにメノウ乳鉢で粉末化し，これから10mgを銀製の容器に取り分け，塩酸（３％）を滴下し炭酸塩成分を除去した後に蒸発乾固させた試料を錫製の容器で包んだものを用いた．各成分の濃度は乾燥試料中の重量%として求めた．

いずれのコアもTNとTOCの関係には良い相関が見られ，C/Nの値はほぼ６から10の間に収まっている．これは，どのコアの有機炭素も主に海洋プランクトン起源であることを示している．一方でTSとTOCの関係には相関が見られず，C/Sの値は0.2から10以上まで幅広い値を取る．硫黄の堆積物への固定は有機炭素とは異なる過程を経ていることがわかる．PC1606のTOC濃度変動は，6ka付近から現代までは2.4%程度で安定しているが，10ka前後に4%近いピークがあり，最終氷期最盛期にあたる20ka付近では1%前後の低い値となっている．最終氷期最盛期には日本海の循環が停滞して深層水が貧酸素化したことで，海洋表層から沈降した有機物が堆積物中に保存されやすい条件にあったが，この期間にTOC濃度が低下しているということは，日本海南部の基礎生産そのものが低下していたと考えられる．また，最終氷期以降の急激な温暖化に伴って日本海の循環が活発化し，深層の栄養塩が表層にもたらされたことで，10ka前後に一時的な基礎生産が増大した可能性がある．

最終氷期の海退期にあたる30から60kaにTOC濃度は１～3.5%の範囲で変動しており増加と減少を繰り返している．ATテフラ層準の30kaにはTOC濃度が0.2%まで急激に落ち込み，その後3kyr程度の時間を要して１%代まで回復する．南九州で発生した巨大噴火が日本海南部の基礎生産に大きな影響を与えたことが明瞭である．テフラに随伴したTOC濃度の急減は10ka付近（U-Oki）や53ka付近（テフラ未同定）にも見られる．

上越沖の研究事例では，TOC濃度変動が全体的な古気候変動と同調していることが指摘されている（Urabe et al., 2014）．隠岐トラフのPC1606に見られるTOC変動は，上越沖のTOC変動と酷似している．隠岐トラフと上越沖の基礎生産や有機物の保存条件は，少なくとも過去数万年間は同様な過程をたどったと考えられる．

一方，最上トラフ南部のPC1726や沿海州沖のLv81-35GCに記録されたTOC濃度変動は，最終氷期最盛期前後に１%程度の低い値を取る点はPC1606と一致するが，PC1606に見られた10ka前後のピークが不明瞭であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．最終氷期最盛期には日本海全域で基礎生産量が低下したが，その後の温暖化に対する基礎生産の応答は海域によって異なっていた可能性がある．

キーワード：全有機炭素量、日本海、後期第四紀、表層型メタンハイドレート
Keywords: Total Organic Carbon, Japan Sea, Late Quaternary, Shallow type methane hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
Tsuyoshi Mamata[1], *Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

The Hidaka Trough, offshore Hokkaido, has recently been characterized by subsurface gas chimney structures associated with mound/pockmark topography and methane plume, which indicate an intensive gas migration from deep sediments to the surface area. In the region where remarkable gas chimneys are developed such as in offshore Joetsu, shallow marine sediments are characterized by the precipitation of authigenic carbonate, massive gas hydrates and development of chemotrophs because of high methane concentration near the seafloor. In these environments, anaerobic oxidation of methane utilizes both methane and sulfate, resulting in sulfate depleted in shallow sediment. Inorganic carbon generated by methane oxidation does not incorporate only with calcium ion to form carbonate but also is reduced by microbially-mediated methanogenic reaction. Carbon is therefore a key substance near the depth of sulfate methane interface (SMI) in high methane flux area. This study aims to figure out the chemical reaction associated with carbon, which characterizes geochemical environment in shallow sediments, by analyzing concentrations of dissolved ions and hydrocarbons, and stable isotopic composition ($\delta^{13}C$) of dissolved carbons collected from shallow sediments with gas chimney structures in the Hidaka Trough, offshore Hokkaido.
In the area of calyptogena community, the SMI locates at shallow depth and indicates reductive environment is established because of sulfate depletion. The sulfate is depleted at shallower depth in the area with carbonates near the seafloor, where the concentration of calcium ion is also lower than other areas. These results indicate carbonate formed at higher rate in the area with higher methane flux. Total organic carbon amount decrease with depth above the SMI, the residual organic matter in sediment generates methane at depth and enhances the methane flux toward the seafloor. Based on the composition of dissolved hydrocarbons and $\delta^{13}C$ of methane, although the methane is generally of biogenic origin over the research areas in the Hidaka Trough, the $\delta^{13}C$ of methane increase rapidly with depth on the mound center, indicating thermogenic methane predominantly migrate from deeper sediments at the site. Biogeochemical behavior of carbon varies not only among sampling sites but also among relative locations on the single gas chimney structure.

キーワード：硫酸ーメタン境界、ガスチムニー、日高トラフ
Keywords: SMI, gas chimney, Hidaka Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

Raman spectroscopic analysis of isotopologue methane hydrates

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Raman spectroscopy is one of the useful tool to get information of gas hydrate crystals. Natural gas hydrates in submarine/sublacustrine sediment mainly encage methane. Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$, $^{13}CH_4$, and CH_3D exist in nature. Ozeki *et al.* (2018) first reported Raman spectra of CH_3D and CD_4 hydrates and compared with CH_4 (mainly $^{12}CH_4$) hydrate. We report Raman spectra of $^{13}CH_4$ hydrate and summarize Raman spectra of isotopologue methane hydrates.

$^{13}CH_4$ hydrate sample was synthesized in a small pressure cell (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in the pressure cell, and introduced appropriate amount of $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). $^{13}CH_4$ hydrate was formed by melting the fine ice powder at the temperature of 273.2 K under high pressure of $^{13}CH_4$. We retrieved the hydrate sample at 77 K and its Raman spectra was obtained at 123 K in the range 2,500-3,300 cm^{-1} using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). The Raman peaks were fitted in the range 2,800-3,000 cm^{-1} for the C-H stretching peaks of methane using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane encaged in the large and small cages of the cubic structure I.

Raman shifts for the C-H stretching and bending modes of $^{13}CH_4$ was 0.8 cm^{-1} and 14 cm^{-1} smaller than those of $^{12}CH_4$, respectively, suggesting that ^{13}C-H bonds affect its vibrational frequency. Hydration number of $^{13}CH_4$ was estimated as 6.00±0.02, almost the same as that of $^{12}CH_4$ (6.02±0.02). Therefore, Cage occupancies of $^{13}CH_4$ and $^{12}CH_4$ hydrates showed no difference between them.

Reference

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

キーワード：メタンハイドレート、ラマン分光分析、同位体分子種
Keywords: methane hydrate, Raman spectroscopy, isotopologues

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源
Gas origin of hydrate-bound gas in Lake Baikal

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Oleg Khlystov[2], Gennadiy Kalmychkov[3], Marc De Batist[4], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学、2. ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3. ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4. ゲント大学
1. Kitami Institute of Technology, 2. Limnological Institute, SB RAS, 3. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 4. Ghent University

In the framework of international collaboration between Kitami Institute of Technology (Japan), Limnological Institute (Russia), and Ghent University (Belgium), natural gas hydrates have been recovered from lake-bottom sediments at Lake Baikal. Near-surface gas hydrate was first discovered at the Malenky mud volcano at the southern Baikal basin in 2000. Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2018) has revealed distribution of near-surface gas hydrates at the southern and central Baikal basins. We found six new places (Enkhelook, Soukhaya, KIT, LIN, PosolCanyon1, and PosolCanyon2) during the VER18-03 cruise in 2018. The total number of places where near-surface gas hydrates were retrieved is 53. In this report, we summarize characteristics of hydrate-bound gases retrieved from all the sites since 2005.

Gas hydrate crystals were recovered from lake-bottom sediment cores, and hydrate-bound gas samples were stored in 5-mL vials. Total number of hydrate-bound gas samples was 626. Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound gas were measured using a gas chromatograph and a stable isotope ratio mass spectrometer.

In the Bernard plot, C_1 $\delta^{13}C$ and C_1 / (C_2 + C_3) distributes from -70‰ to -44‰ and from 6 to 100,000, respectively, suggesting that the origin of hydrate-bound gas is microbial, thermogenic, and their mixed-gas. Almost all data are plotted on the mixing line between microbial and thermogenic, however, Gorevoy Utes (oil seep site) showed thermogenic C_1 with small composition of C_2 and C_3. The data concentrates in the microbial field (C_1 $\delta^{13}C$: -66‰ and C_1 / (C_2 + C_3): 1,000-10,000). C_1 δD of thermogenic C_1 increases with C_1 $\delta^{13}C$. C_2 $\delta^{13}C$ distributes from -69‰ to -23‰. 17 sites (ex. Solzan, Talanka, Turka, KIT, etc.) showed microbial C_1 and C_2. 27 sites (Malenky, Oblom, Seep13, Kukuy K6, etc.) showed microbial C_1 and thermogenic C_2, indicating that small amount of thermogenic gas is mixed with microbial gas. Other sites (Mamay, PosolBank, Gorevoy Utes, Kedr, etc.) showed thermogenic C_1 and C_2. The Milkov plot (relation between C_1 $\delta^{13}C$ and C_2 $\delta^{13}C$) can express mixing condition between microbial and thermogenic rather than the Bernard plot. C_2 δD decreased with decrease in C_2 $\delta^{13}C$, therefore microbial C_2 is both depleted in ^{13}C and D. We conclude that hydrate-bound gas at Lake Baikal is mainly microbial gas, and thermogenic gas ascends from deep layer at some areas (Kedr, PosolBank, Kukuy, and Gorevoy Utes) and forms the structure II gas hydrate.

キーワード：ガスハイドレート、バイカル湖、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Lake Baikal, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

Validation of self-preservation effect of methane and ethane mixed-gas hydrate by Raman spectroscopy

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane hydrate can be stored long time under atmospheric pressure below 273.2K, even though their P-T conditions is unstable, namely "self-preservation effect". On the contrary, Takeya and Ripmeester (2008) reported that ethane hydrate shows no self-preservation. In natural condition, methane and ethane mixed-gas hydrates have been found at Lake Baikal, however, there is no information for the mixed-gas system. In the last JpGU meeting we report self-preservation effect for mixed-gas hydrate, but the conditions of samples are not uniform. Because the size of crystals affect rate of survival at higher temperature, we controlled the specific surface of area of gas hydrate samples in this study.

We put 0.7 g of fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) into a pressure cell (volume: 30 mL) and mixed-gas of methane and ethane was introduced. Hydrate crystals formed at 273.2 K. The gas hydrate sample was degased and recovered at the temperature of liquid nitrogen. We controlled the ethane composition of hydrate-bund gas from 0% to 100%, covering the area of methane-rich structure I, ethane-rich structure I, and their intermediate structure II. We measured compositions of methane and ethane by a gas chromatograph (GC-2014, Shimadzu Corporation). Gas hydrate samples were placed on a temperature-controlled device and kept at 80 K. Raman spectra of hydrate samples were obtained using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). We checked the Raman spectra of C-H stretching mode at 83 K, and then increased the sample temperature every 10 K until complete dissociation. We calculated the Raman peak area for C-H stretching mode of methane and ethane around 2900 cm^{-1} by a peak fitting method and obtained the survival rate of gas hydrate samples with temperature.

Pure methane hydrate survived well, more than 20% of hydrate still remained at 263 K, whereas pure ethane hydrate completely dissociated at around 200 K. These results agree well with our previous report. As for mixed-gas hydrate composed of methane and ethane, the rates of survival of structure I were lower than that of pure methane hydrate, but the crystals remained till 253 K, suggesting self-preservation. That of structure II well remained at 83-183 K, but quickly disappeared at 213 K. Therefore, it is possible that the survival rate of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane depends on not only gas composition but also crystallographic structure.

Reference

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Ed 47: 1276-1279

キーワード：ガスハイドレート、自己保存効果、メタン、エタン
Keywords: gas hydrate, self preservation effect, methane, ethane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

Experimental study on the phase equilibrium condition of CO_2 hydrate with marine sediment

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1]
*Daisuke Maki[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

ガスハイドレートは、日本周辺の海底の堆積物中に存在が確認されており、天然ガスを大量に含む次世代のエネルギー資源として注目されている。ガスハイドレートの分布や資源量を推定するには、ガスハイドレートの相平衡条件の十分な理解が必要である。これまで温度、圧力、ガスや水の組成などが相平衡条件へ与える影響は多く研究されてきたが、特に表層型ガスハイドレートが存在する海域の堆積物を用いた実験的研究はほとんど行われていない。本研究では、ガスハイドレートの主成分であるメタンと似た挙動を示す二酸化炭素ハイドレートを合成し、表層型ガスハイドレートが分布する日本海の海底で採取された泥質堆積物を含む環境で、相平衡条件を測定した。その結果、泥質堆積物が存在すると相平衡が低温側に約0.2 ℃、高圧側に約0.1 MPa移動し安定領域が減少することが明らかになった。これは、ガスハイドレートの安定に堆積物の存在が影響し、ガスハイドレートの分布、資源量の推定に温度・圧力だけでなく堆積物の存在を考慮する必要があることを示す。

キーワード：ガスハイドレート、相平衡
Keywords: gas hydrate, phase equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析
Raman spectroscopic analysis of structure H gas hydrates encapsulating cyclic hydrocarbons

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of well-defined cages formed by water molecules and guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in the cages. Clathrate hydrates including natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas. There are three common crystallographic structure of hydrates, structure I (sI), structure II (sII) and structure H (sH). In the case of microbially sourced gas hydrate system, the gas hydrates are generally sI CH_4 hydrates. On the other hand, sH hydrate was found at northern Cascadia margin, where thermogenic larger hydrocarbons exist [Lu et al. 2007]. For instance,, cyclohexane (CH), methylcyclopentane (MCP), methylcyclohexane (MCH) and other large hydrocarbons, which is capable of forming sH hydrate with help gas like CH_4, were detected at the area. From the above, study for sH hydrate which encapsulating these large hydrocarbons are important for further understanding of natural gas hydrates.

In this study, sH CH_4 and larger cyclic hydrocarbon (CH, MCP and MCH) mixed hydrates were prepared. We observed the variations of Raman spectra of these cyclic hydrocarbons due to enclathrated water cages of gas hydrate. C–H and C–C stretching regions of enclathrated these cyclic hydrocarbons were measured by the Raman spectroscopic method., The Raman spectra of C–C stretching region of these hydrocarbon are useful for identification of guest molecules in natural gas hydrates because the number of Raman peaks of C–C stretching region are smaller than that of C–H stretching region.

Reference

Lu *et al.* (2007) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *Nature*. **8**: 303-306.

doi: 10.1038/nature0546.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証
Investigation of self-preservation of argon hydrate by measuring specific surface area

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Ikeura[1], Daisuke Yahagi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami institute of technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Self-preservation occurs during the dissociation of gas hydrate and drastically decreases speed of dissociation at around 253K and under atmospheric pressure in the case of methane hydrate. Takeya and Ripmeester (2008) revealed that not only methane but also nitrogen, oxygen, argon, and CO_2 hydrates showed the same self-preservation effect. This phenomena is explained that (1) gas hydrate dissociates below the ice point, (2) ice remains on the surface of crystals, (3) ice layer forms and covers on the surface of hydrate and prevent from further dissociation. We developed a device for measuring specific surface area of snow particles (Hachikubo *et al.*, 2014), and it is also available for gas hydrate crystals. Because self-preservation phenomena depends on temperature, we investigated the change of specific surface area of argon hydrate samples in their dissociation process under various temperature conditions.

Fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) were formed in liquid nitrogen using water spray and sieved in a cold room (temperature: 255 K). 3 g of ice balls were put into a pressure cell (volume: 30 mL) and measured their specific surface area. After that, argon was introduced and hydrate crystals formed at 273.2 K. Temperature of the samples were controlled at 226K, 243K, 254K, and 263K, and then the residual gases in the pressure cell were quickly removed. The internal pressure decreased to the atmospheric pressure and the samples started to dissociate. Dissociation times were controlled as 1 minute, 10 minutes, and 100 minutes, and after that the samples were fixed at the temperature of liquid nitrogen and we measured their specific surface area. Their dissociation rate were estimated from weight data of gas and water. Specific surface area of the original fine ice balls and (pure) argon hydrate samples were also measured.

Ice balls were expected to change completely into “hydrate balls”, however, more fine and irregular grains of argon hydrate were observed using an optical microscope Specific surface area of original ice balls was 71±5 [m^2 kg^{-1}], and that of argon hydrate increased to 119 [m^2 kg^{-1}]. When the dissociation period was 1 minute, more than 90% of hydrate still remained at 226-263 K. The rate of dissociation at 254 K was fastest in the case of 10 minutes dissociation (65% of hydrate remained), but about 80% of hydrate sample remained at 263 K. The specific surface area was around 120 [m^2 kg^{-1}] after 10 minutes at 263 K, indicating that the condition of surface was not changed at 263 K. On the other hand, the specific surface area increased to 279 [m^2 kg^{-1}] at 226 K after 10 minutes. Therefore, these results indicate that the self-preservation effect appeared at 263 K and kept the surface of crystals smooth rather than the case at 226 K.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Int Ed 47: 1276-1279

Hachikubo A, Yamaguchi S, Arakawa H, Tanikawa T, Hori M, Sugiura K, Matoba S, Niwano M, Kuchiki K, Aoki T (2014) Effects of temperature and grain type on time variation of snow specific surface area. Bull Glaciol Res 32: 47-53

キーワード：ガスハイドレート、アルゴン、自己保存効果、比表面積
Keywords: gas hydrate, argon, self preservation effect, specific surface area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別
Carbon isotope fractionation of CO_2 during the formation of clathrate hydrate

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Hiromi Kimura[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Hydrogen Isotope fractionation in methane during the formation of clathrate hydrate was reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane is 4.8±0.4‰ lower than that of residual methane at 274.2K. Although natural methane hydrates distribute widely in the world, natural CO_2 hydrate was only reported at the Okinawa Trough (Sakai *et al.*, 1990). It is also possible that CO_2 hydrate exists in Mars. Isotopic fractionation of guest gas may provide useful information to understand formation processes of gas hydrate. Luzi *et al.* (2011) revealed that CO_2 $\delta\,^{13}C$ in hydrate-bound gas is 0.9‰ lower than that of residual gas, suggesting that light CO_2 molecules prefer to be encaged into clathrate cages. In this study, we checked the temperature effect on the isotopic difference between residual and hydrate-bound CO_2.

Samples of CO_2 hydrate (weight: 0.7 g) were experimentally prepared in a pressure cell (volume: 30 mL), and the temperature was controlled by a liquid bath (258-274 K) and cold rooms (226-254 K). Isotopic compositions of both residual and hydrate-bound CO_2 were measured by an isotope ratio mass spectrometer (IRMS). Samples were formed in the temperature range from 226 K to 274 K. The carbon isotopic differences between hydrate-bound and residual CO_2 distributed between 1.2‰ and 1.5‰, agreed fairly well with the previous report (Luzi *et al.*, 2011). The difference seemed to be large (1.5-2.0 ‰) at 226 K, indicating that the equilibrium pressure of $^{13}CO_2$ hydrate is slightly larger than that of $^{12}CO_2$ hydrate, and the difference between them becomes large in lower temperature. We will show these equilibrium data for $^{13}CO_2$ and $^{12}CO_2$ hydrates and compare with the results in stable isotope.

Reference

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

Sakai H, Gamo T, Kim ES, Tsutsumi M, Tanaka T, Ishibashi J, Wakita H, Yamano M, Oomori T (1990) Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-okinawa trough backarc basin. Science: 248, 4959, 1093-1096.

Luzi M, Schicks JM, Erzinger J (2011) Carbon isotopic fractionation of synthetic methane and carbon dioxide hydrates. Proc. 7th International Conference on Gas Hydrates (ICGH2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、安定同位体、CO2、同位体分別
Keywords: gas hydrate, stable isotope, carbon dioxide, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査
Gas hydrate survey off Tokachi (the Pacific Ocean) in the framework of practical education of Kitami Institute of Technology

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Ikeura[1], Akihiro Hachikubo[1], Masaaki Konishi[1], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学
1. Kitami Institute of Technology

Distribution of BSR (bottom simulating reflector) has been reported off Tokachi, the Pacific Ocean (Hayashi *et al.*, 2010). Kitami Institute of Technology started gas hydrate survey in this area on 2014, using TS Oshoro-maru of Hokkaido University. This program is conducted in the framework of practical education (name of lecture: “Practical learning about the Okhotsk Region, its history and the natural environment”), and about 40 students participate the cruise. Three cruises (C008, C046, and C061) were executed in 2014-2018. We found many gas seeps ascending from sea floor, those height exceeded 700 m from the sea floor. We recovered gas-rich sediment cores by a gravity and hydrostatic corers. Here, we report characteristics of sediment gas in this area.

Samples of sediment gas, mainly dissolved gases in pore water, were obtained by a headspace gas method. 10 mL sediment was sampled from the sediment core by a plastic syringe (volume: 5 mL) and put into a 25 mL vial. 10 mL NaCl aqueous solution was introduced into the vial by using a micropipette and sealed employing a butyl rubber septum to make a headspace (5 mL volume). To avoid any changes in the headspace, preservative (benzalkonium chloride, BKC) was added and the headspace part was flushed by helium. We roughly checked gas composition of sediment gases onboard using a portable gas chromatograph, and after that we measured the molecular and isotopic compositions of headspace gases using another gas chromatograph and CF-IRMS in our laboratory.

Concentration of C_1 increased with depth, and exceeded 1 [mM] in the bottom of some sediment cores (C008-GC1403, C046-GC1702, and C061-GC1803), indicating that their depths of SMI (sulfate-methane interface) were small and active gas seep existed at the sea floor. The minimum SMI depth was 50 [cmbsf] in C008-GC1403. C_1 / (C_2 + C_3) in these gas-rich layer was from 300 to 700. Concentration of H_2S exceeds 1 [mM] in the bottom of sediment cores. These results indicate that microbial gas is supplied from lower layer and AOM (anaerobic oxidation of methane) processes is active in beneath the sea floor. C_1 $\delta^{13}C$ profiles showed minimum values (lower than -100‰) at the SMI depth in C061-GC1803. C_2 $\delta^{13}C$ distributed between -55‰ and -30‰, suggesting that C_2 seems also microbial origin.

Reference

Hayashi M, Saeki T, Inamori T, Noguchi S (2010) The distribution of BSRs related to methane hydrates, offshore Japan. J Jpn Assoc Petrol Technol 75(1): 42-53

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタン、太平洋
Keywords: gas hydrate, methane, the Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴
Geochemistry of pore water and gas in shallow sediments from offshore Primorsky Krai, Russia

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3]
*Musashi Yokoyama[1], Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2], Glen Snyder[2], A.V. Yatsuk[3], D.A Shvalov[3]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 明治大学研究知財戦略機構、3. ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所
1. Department Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 3. Gas Geochemistry Laboratory, V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute

近年の海洋調査で、日本海東縁の海域には表層型メタンハイドレートの形成を支持するガスチムニー構造が数多く見つかっている。ロシア沿海地方沖はガスチムニーが発達する日本海辺縁域の北端部に位置し、日本海盆とタタールトラフが接する。本研究では日本海盆北縁からタタールトラフ南西部まで海域の、ガスチムニーを含む様々な水深から採取された堆積物間隙水とヘッドスペースガスの化学分析結果から、この海域に分布するガスチムニー構造の地球化学的な特徴を明らかにすることを目的とした。調査はロシア沿海地方沖の南部と北部の二つの海域で行われ、重力コアラーを使用して堆積物を回収した。調査期間中に同時に行われたSCSによる調査では、南部の海域には明瞭なガスチムニー構造はほとんど認められず、コアは水深（陸からの距離）や緯度（SCSの測線）の異なる地点から採取された。一方、北部の海域では、複数の顕著なガスチムニーが認められ、その周辺からもコアが採取された。

間隙水中の硫酸イオンは堆積物深部から供給されるメタンを酸化するため、海底面直下で濃度が急激に低下する。メタンフラックスが大きくなれば硫酸イオンの濃度勾配は大きくなり、より浅部に硫酸ーメタン境界（sulfate-methane interface: SMI）が出現する。両海域とも硫酸イオンは深度ともに直線状に減少していたが、全体的に北部の海域の方が南部にくらべてSMI深度が浅く、メタンフラックスが大きいことが明らかになった。これは、大陸（調査海域西方のロシア沿海地方）よりも、タタールトラフに沿って供給された有機物が、メタンの主な起源となっているためであると考えられる。

また、特に北部のガスチムニー直上で採取したコアでメタンフラックスが大きかったが、水深が浅いガスチムニーで特にメタンフラックスが大きい傾向が見られた。これは、トラフ底の堆積物深部で生成したメタンが間隙率の高い地層に沿って西側の斜面を上昇し、圧力の低下とともに相対的な濃度が上昇してガスチムニーを作っている可能性を示唆する。
南部ではガスチムニーサイトの数も少ないが、間隙水溶存ガスがリファレンスサイトと同等かそれ以下の濃度を示しており、南部の海域においてはガスチムニーが相対的にガスの供給源として非活発的である可能性が示唆された。さらに北部ではSMI深度が浅い、ガスチムニーサイトであるなどの共通点を持つコア同士でも濃度に差が表れたことから、水深や堆積環境によって堆積物中におけるガスの滞留のしやすさが異なっていると考えられる。ガスのC1/C2比は表層付近で小さな値を示すコアが多く見られ、これはAOMによってメタンのみが選択的に消費されたことが原因である。また、北部ではSMI深度付近でスパイク状に上昇するコアがいくつか見られた。これはSMI付近で微生物により、メタン生成が行われている可能性が考えられる。

キーワード：ガスチムニー、メタン
Keywords: gas chimney, methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動
Late Quaternary Total Organic Carbon fluctuation in the eastern Japan Sea and offshore of the Russian maritime provinces

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4]
*Yuta Hirano[1], Kyousuke Sakamoto[1], Naoto Ishida[2], Takao Ebinuma[2], Koji Seto[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2. 鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3. 島根大学エスチュアリー研究センター、4. 明治大学ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Sustainability Science Methane Hydrate Course ,Tottori University, 2. Tottori Univ., 3. Shimane Univ., 4. Meiji Univ.

日本海南部～東部は対馬暖流の影響下にあり，生物生産量の高い海域である．日本海の表層で生成された有機炭素は沈降して堆積物中に固定され，埋没を経て，やがては炭化水素の供給源になる．過去の生物生産量を反映するとされる堆積物中の有機炭素濃度について，日本海東縁とロシア沿海州沖で採取されたコアに記録された後期第四紀の変動を報告する．

メタンハイドレートの生成にはメタンが必要不可欠である．メタンは，堆積物中に含まれている有機物が熱分解生成（熱分解起源），及び，微生物活動により生成して（微生物起源），堆積物深部から表層へ上昇する．そこで，表層型メタンハイドレート賦存海域である日本海において，堆積物中の全有機炭素量（TOC），全窒素（TN），および全硫黄（TS）の３成分の濃度を測定し，有機炭素濃度の変動，および有機物の起源を明らかにする．

本研究で用いた試料は，日本海南部の隠岐トラフ（PC1606），新潟県沖の最上トラフ南部（PC1726），日本海北部の沿海州沖のプリモーリエ沖北部～タタールトラフ（Lv81-35GC）の海域から採取した．各コアの年代幅はPC1606が59ka以降，PC1726が17ka以降，Lv81-35GCが42ka以降である．

分析には島根大学エスチュアリー研究センターに設置されているCNS分析装置を使用した．分析試料には，110℃のホットプレートで乾燥した約１gの堆積物試料を均質化するためにメノウ乳鉢で粉末化し，これから10mgを銀製の容器に取り分け，塩酸（３％）を滴下し炭酸塩成分を除去した後に蒸発乾固させた試料を錫製の容器で包んだものを用いた．各成分の濃度は乾燥試料中の重量%として求めた．

いずれのコアもTNとTOCの関係には良い相関が見られ，C/Nの値はほぼ６から10の間に収まっている．これは，どのコアの有機炭素も主に海洋プランクトン起源であることを示している．一方でTSとTOCの関係には相関が見られず，C/Sの値は0.2から10以上まで幅広い値を取る．硫黄の堆積物への固定は有機炭素とは異なる過程を経ていることがわかる．PC1606のTOC濃度変動は，6ka付近から現代までは2.4%程度で安定しているが，10ka前後に4%近いピークがあり，最終氷期最盛期にあたる20ka付近では1%前後の低い値となっている．最終氷期最盛期には日本海の循環が停滞して深層水が貧酸素化したことで，海洋表層から沈降した有機物が堆積物中に保存されやすい条件にあったが，この期間にTOC濃度が低下しているということは，日本海南部の基礎生産そのものが低下していたと考えられる．また，最終氷期以降の急激な温暖化に伴って日本海の循環が活発化し，深層の栄養塩が表層にもたらされたことで，10ka前後に一時的な基礎生産が増大した可能性がある．

最終氷期の海退期にあたる30から60kaにTOC濃度は１～3.5%の範囲で変動しており増加と減少を繰り返している．ATテフラ層準の30kaにはTOC濃度が0.2%まで急激に落ち込み，その後3kyr程度の時間を要して１%代まで回復する．南九州で発生した巨大噴火が日本海南部の基礎生産に大きな影響を与えたことが明瞭である．テフラに随伴したTOC濃度の急減は10ka付近（U-Oki）や53ka付近（テフラ未同定）にも見られる．

上越沖の研究事例では，TOC濃度変動が全体的な古気候変動と同調していることが指摘されている（Urabe et al., 2014）．隠岐トラフのPC1606に見られるTOC変動は，上越沖のTOC変動と酷似している．隠岐トラフと上越沖の基礎生産や有機物の保存条件は，少なくとも過去数万年間は同様な過程をたどったと考えられる．

一方，最上トラフ南部のPC1726や沿海州沖のLv81-35GCに記録されたTOC濃度変動は，最終氷期最盛期前後に１%程度の低い値を取る点はPC1606と一致するが，PC1606に見られた10ka前後のピークが不明瞭であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．最終氷期最盛期には日本海全域で基礎生産量が低下したが，その後の温暖化に対する基礎生産の応答は海域によって異なっていた可能性がある．

キーワード：全有機炭素量、日本海、後期第四紀、表層型メタンハイドレート
Keywords: Total Organic Carbon, Japan Sea, Late Quaternary, Shallow type methane hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
Tsuyoshi Mamata[1], *Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

The Hidaka Trough, offshore Hokkaido, has recently been characterized by subsurface gas chimney structures associated with mound/pockmark topography and methane plume, which indicate an intensive gas migration from deep sediments to the surface area. In the region where remarkable gas chimneys are developed such as in offshore Joetsu, shallow marine sediments are characterized by the precipitation of authigenic carbonate, massive gas hydrates and development of chemotrophs because of high methane concentration near the seafloor. In these environments, anaerobic oxidation of methane utilizes both methane and sulfate, resulting in sulfate depleted in shallow sediment. Inorganic carbon generated by methane oxidation does not incorporate only with calcium ion to form carbonate but also is reduced by microbially-mediated methanogenic reaction. Carbon is therefore a key substance near the depth of sulfate methane interface (SMI) in high methane flux area. This study aims to figure out the chemical reaction associated with carbon, which characterizes geochemical environment in shallow sediments, by analyzing concentrations of dissolved ions and hydrocarbons, and stable isotopic composition ($\delta^{13}C$) of dissolved carbons collected from shallow sediments with gas chimney structures in the Hidaka Trough, offshore Hokkaido.
In the area of calyptogena community, the SMI locates at shallow depth and indicates reductive environment is established because of sulfate depletion. The sulfate is depleted at shallower depth in the area with carbonates near the seafloor, where the concentration of calcium ion is also lower than other areas. These results indicate carbonate formed at higher rate in the area with higher methane flux. Total organic carbon amount decrease with depth above the SMI, the residual organic matter in sediment generates methane at depth and enhances the methane flux toward the seafloor. Based on the composition of dissolved hydrocarbons and $\delta^{13}C$ of methane, although the methane is generally of biogenic origin over the research areas in the Hidaka Trough, the $\delta^{13}C$ of methane increase rapidly with depth on the mound center, indicating thermogenic methane predominantly migrate from deeper sediments at the site. Biogeochemical behavior of carbon varies not only among sampling sites but also among relative locations on the single gas chimney structure.

キーワード：硫酸ーメタン境界、ガスチムニー、日高トラフ
Keywords: SMI, gas chimney, Hidaka Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 9:00 ~ 10:30 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:森本 健志

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

9:00 ~ 9:15

[MIS27-01] Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3] (1.首都大学東京、2.電気通信大学、3.宇宙航空研究開発機構)

9:15 ~ 9:30

[MIS27-02] X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2] (1.電気通信大学、2.首都大学東京)

9:30 ~ 9:45

[MIS27-03] 東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1] (1.防災科学技術研究所、2.ニューメキシコ鉱物工科大学)

9:45 ~ 10:00

[MIS27-04] 日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3] (1.電気通信大学大学院、2.群馬大学、3.EarthNetworks)

10:00 ~ 10:15

[MIS27-05] 雷現象と地上構造物の雷害対策

★招待講演

*横山 茂[1] (1.静岡大学)

10:15 ~ 10:30

[MIS27-06] Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1] (1.電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2.University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3.University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4.Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5.University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6.EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7.Nagoya University, Nagoya, Japan)

Advantage and Disadvantage of the Phased Array Weather Radar

*牛尾 知雄[1]、妻鹿 友昭[1]、菊池 博史[2]、吉川 栄一[3]
*Tomoo Ushio[1], Tomoaki Mega[1], Hiroshi Kikuchi[2], Eiichi Yoshikawa[3]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学、3. 宇宙航空研究開発機構
1. Tokyo Metropolitan University, 2. University of Electro-Communications, 3. JAXA

Recent progress of information and communication technologies has been enabling us to realize a rapid scanning radar system. In 2012, Toshiba Corporation and Osaka University succeeded in developing a new type of Phased Array Radar (PAR) system (Yoshikawa et al. 2013, Ushio et al. 2015, Mizutani et al. 2018) under a grant of National Institute of Communication and Information Technology (NICT), and installed in Suita Campus, Osaka University. This PAR system can scan the whole sky within 30 seconds up to 60 km in radius over 100 elevation angles with digital beam forming technique, and the initial observation results demonstrate the unique capability of the new PAR system. However, the observation is sometimes seriously contaminated by strong ground clutter through relatively high sidelobes at transmitting stage. In this study, a new clutter mitigation algorithm from adaptive beam forming technique on Minimum Mean Square Error (MMSE) formulation was investigated, and succeeded in suppressing not only the ground clutter but also ghost echo from strong precipitation echo nearby more than 20dB. And also the adaptive algorithm was applied to supress the range sidelobe and showed the sidelobe level of -60dB. In this presentation, the advantages and disadvantages of the PAR will be discussed based on the observation results.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

X帯二重偏波フェーズドアレイ気象レーダの初期観測結果とその検証
Initial Observations with X-band Dual Polarimetric Phased Array Weather Radar in Tokyo

*菊池 博史[1]、末澤 卓[2]、芳原 容英[1]、牛尾 知雄[2]
*Hiroshi Kikuchi[1], Taku Suezawa[2], Yasuhide Hobara[1], Tomoo Ushio[2]

1. 電気通信大学、2. 首都大学東京
1. The University of Electro-Communications, 2. Tokyo Metropolitan University

The weather radars using parabolic dish antenna generally require 5-10 minutes to mechanically rotate and to tilt upwards as they sample the atmosphere at several different elevation angles. The number of the observable elevation angles is about ten or so. The single polarization phased array weather radar (SP-PAWR), which has been developed in 2012, was designed to conduct precipitation measurement of a radar reflectivity factor, in less than 10 or 30 seconds in a range of 20 or 60 km in real-time, respectively. As a next radar development project, a dual polarimetric phased array weather radar (Multi-parameter phased array radar; MP-PAWR) is being developed. It can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and can improve weather forecasts.
The first made MP-PAWR, which simultaneously transmits pulses of horizontal and vertical polarized radiation, has been developed and installed in December 2017, at Saitama University, Japan. The center of frequency is 9.4GHz (X-band). The MP-PAWR has a scanning scheme similar to the SP-PAWR, which uses the mechanical and electronic scanning in azimuth and elevation angles, respectively. The MP-PAWR provides the polarimetric precipitation measurements in three-dimensional volume scanning in less than 30 or 60 seconds in a range of 60 or 80 km in real-time, respectively.
In this presentation, we will show the initial observation results. To confirm reliability of the measurements and to evaluate the accuracy of the measurements by the MP-PAWR, the initial observation results of the MP-PAWR are compared with an optical disdrometer data.

キーワード：Precipitation Observation、Phased array radar
Keywords: Precipitation Observation, Phased array radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東京都内で夏季に発生した3つの雷雲セルの3次元的特徴について
Three-dimensional total lightning characteristics of convective cells observed by the Tokyo LMA in the summer season in Tokyo Metropolitan area

*櫻井 南海子[1]、Paul Krehbiel[2]、William Rison[2]、Ronald Thomas[2]、Daniel Rodeheffer[2]、清水 慎吾[1]、岩波 越[1]、前坂 剛[1]、木枝 香織[1]、宇治 靖[1]
*Namiko Sakurai[1], Paul R. Krehbiel[2], William Rison[2], Ronald J. Thomas[2], Daniel Rodeheffer[2], Shingo Shimizu[1], Koyuru Iwanami[1], Takeshi Maesaka[1], Kaori Kieda[1], Yasushi Uji[1]

1. 防災科学技術研究所、2. ニューメキシコ鉱物工科大学
1. National Research Institute For Earth Science and Disaster Resilience, 2. New Mexico Tech.

防災科研では、雷3次元観測装置(Tokyo LMA)による雷の連続観測を行っている。前回の発表では、Tokyo LMAで観測されたスーパーセル雷雲の雷の3次元的特徴について報告した。本研究では、2017年8月30日に東京都内に発生した一般的な雷雲セル3つの雷放電の特徴について報告する。雷雲セルは、14:00 JST頃のほぼ同時刻に、東西方向に並んで発生した。最初に雷放電を開始した真ん中の雷雲セルは、雲放電が対地放電より約20分先行して発生した後、対地放電が発生した。一方、次に雷放電を開始した西側の雷雲セルは、対地放電に先行する雲放電は観測されず、最初に対地放電が発生した。最後に雷放電を開始した東側の雷雲セルは、主に雲放電が観測された。また、これらの雷雲セル内で観測された対地放電のうち、Bolt from the blue（BFB）が複数観測された。BFBは、降雨域から離れた場所に落雷することがあるため、危険な現象である。Tokyo LMAで雷放電を3次元的に捉えることにより、BFBが首都圏で発生することを示した。

キーワード：雷
Keywords: lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本国内での豪雨に伴う雷放電を用いた降水量の推定
Estimating rainfall in heavy rain events using lightning data in Japan

*小川 哲也[1]、芳原 容英[1]、岩崎 博之[2]、Stan Heckman[3]、Michael Stock[3]
*Ogawa Tetsuya[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroyuki IWASAKI[2], Stan Heckman[3], Michael Stock[3]

1. 電気通信大学大学院、2. 群馬大学、3. EarthNetworks
1. University of Electro-Communications, 2. Gunma University, 3. EarthNetworks

In this study, we examined the relationship between total lightning (TL) and heavy rainfall in high spatio-time resolution by using 37 severe thunderstorms in Japan. TL is continuously monitored by the Japanese Total Lightning Network (JTLN) deployed by UEC and operated jointly by UEC and EarthNetworks, whilst high spatio-temporal precipitation data is obtained by eXtended Rader Information Network (XRAIN) operated by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in Japan. As a result, positive linear relation with rather high cross correlation (r2 ~ 0.54 between TL and Precipitation Volume (PV) [m3] has been obtained. The cross correlation between TL and PV is much higher than that for cloud-to-ground lightning (CG) and PV. Although the slope of linear relation (TL vs. PV) varies depending on heavy rain events, TL can be promising tool to estimate severe rainfall.

キーワード：雷、トータル雷、極端気象
Keywords: lightning, Total lightning, severe weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷現象と地上構造物の雷害対策
The Effect of Lightning Phenomena on Lightning Protection for Objects on the Ground

*横山 茂[1]
*Yokoyama Shigeru[1]

1. 静岡大学
1. Shizuoka University

送電線や配電線に雷が落ちると、電線と大地の間に高電圧が発生して碍子で放電が起こり、停電が発生する。雷電流の波高値が大きい時に高い電圧が発生する。また、電流の波頭長が短いほど高い電圧が発生する。一方、避雷針が雷の捕捉に失敗して建物の屋根部や壁面を破壊する被害は、逆に、雷電流の波高値が小さい雷ほど生じやすい。さらに、避雷器が焼損する被害は、波頭長の長さにはあまり影響されず、雷電流の継続時間（電荷量）に大きく影響される。　雷被害の種類と雷のパラメータの関係を表1に示す。このように、地上構造物の雷被害に関係する雷性状は、対象物により異なり、雷害に関係する雷現象を十分理解して対策を立てることが重要である。

しかし、対策を立てるための雷性状のデータが十分に判明している場合だけではなく、日本の冬季雷のように通常の夏季雷と性状が大きく異なる雷もあり、雷の季節特性や、地域特性についても、十分明らかにしておくことが、リスクマネジメントの観点から必要になる。以下に雷害対策に必要な雷性状を、説明するとともに、今後必要とされる雷観測の課題について考察する。

キーワード：雷、雷害対策、送配電線、風力発電
Keywords: Lightning, Lightning Protection, Power Grid, Wind Power

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

表１雷被害と関係する雷のパラメータ

	電流波高値	雷撃距離	波頭峻度（波頭長の逆数）	波尾長（電流継続時間）		対策法	備考
絶縁破壊(碍子など回復可能なもの)	◎		○			架空地線、避雷器、SPD	統流の影響
絶縁破壊(半導体など)	◎					SPD,光ファイバ	
通過電荷量によるエネルギー被害(避雷器焼損、架空地線素線切れ)				○		避雷器（SPD）の容量増加	
オーミックロス（エネルギー）によるエネルギー被害（風車塔体内焼損など）	○			○		引下げ導体と受雷部などの接続部強固化	
送電線架空地線遮蔽失敗		○				架空地線の2条化	
建築物損壊（コンクリート、レンガ等）		○				避雷針（受雷部）の強化	
建築物損壊、着火（藁葺き屋根、桧皮葺き屋根）		○		◎		避雷針（受雷部）の強化	消火体制
ノイズ（EMC 的影響）	○		○			離隔距離の確保、信号線の電磁シールド	雷電流の通過による回路の誤動作など

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

Lightning charge moment changes deduced from highly sensitive ELF magnetic field observations in Southeast Asia

*芳原 容英[1]、Amir Mohamed[2]、Chandima Gomes[3]、Wan Ismail Bin Ibrahim[2]、Zulkurnain Abdul-Malek[4]、Syahrun Nizam[5]、Michael Stock[6]、塩川 和夫[7]、菊池 博史[1]、津田 卓雄[1]
*Yasuhide Hobara[1], Amir Izzani Mohamed[2], Chandima Gomes[3], Wan Ismail Bin Ibrahim[2], Zulkurnain Abdul-Malek[4], Syahrun Nizam[5], Michael Stock[6], Kazuo Shiokawa[7], Hiroshi Kikuchi[1], Takuo T. Tsuda[1]

1. 電気通信大学　大学院情報理工学研究科、2. University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia、3. University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa、4. Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia、5. University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia、6. EarthNetworks, Inc. Germantown, USA、7. Nagoya University, Nagoya, Japan
1. Graduate School of Information and Engineering Department of Communication Engineering and Informatics, The University of Electro-Communications, 2. University of Malaysia Pahang Pekan, Malaysia, 3. University of the Witwatersrand Johannesburg, South Africa, 4. Universiti Teknologi Malaysia Johor Bahru, Malaysia, 5. University Malaysia Perlis Perlis, Malaysia, 6. EarthNetworks, Inc. Germantown, USA, 7. Nagoya University, Nagoya, Japan

In 2018 we established the new permanent observation site in Pahang, Malaysia and started continuous recording of horizontal magnetic waveforms in the Extremely Low Frequency (ELF) band by using high sensitivity search coils. We carried out test measurements at four different locations in Malay peninsula and found out that Pahang is the most electromagnetically quiet place for measurement. Initial results indicate a very good performance registering clear waveforms from lightning discharges. We successfully estimated individual lightning charge moment changes (CMCs) with a small lower bound (~few Ckm) with a lightning location data from total lightning network indicative of deducing spatial and temporal dependence of lightning with CMC over Southeast Asia region.

キーワード：Lightning、ELF (Extremely Low Frequency)、Charge Moment Changes
Keywords: Lightning, ELF (Extremely Low Frequency), Charge Moment Changes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 202 2F

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)、座長:芳原 容英

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。 特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

10:45 ~ 11:00

[MIS27-07] 地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望

★招待講演

*早川 正士[1] (1.電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所)

11:00 ~ 11:15

[MIS27-08] 非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2] (1.電気通信大学、2.University of Sheffield、3.University of Bengkulu)

11:15 ~ 11:30

[MIS27-09] Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1]、Simon N Walker[1] (1.University of Sheffield)

11:30 ~ 11:45

[MIS27-10] 冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13] (1.東京大学、2.理化学研究所、3.京都大学、4.名古屋大学、5.日本原子力研究開発機構、6.金沢大学、7.東京学芸大学、8.神戸市立工業高等専門学校、9.近畿大学、10.北海道大学、11.富山大学、12.金沢工業大学、13.首都大学東京)

11:45 ~ 12:00

[MIS27-11] ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3] (1.近畿大学、2.神戸市立工業高等専門学校、3.中部大学)

12:00 ~ 12:15

Discussion

地震に伴う前兆電磁気現象：総括と将来展望
Earthquake precursory electromagnetic phenoma : Summary and prospective

*早川 正士[1]
*Masashi Hayakawa[1]

1. 電気通信大学認定ベンチャー　早川地震電磁気研究所
1. Hayakawa Institute of Seismo Electromagnetics.Co. LTD. University of Electro-Communications venture company

地震に伴う電磁気現象は1980年代に2,3の論文が発表されたものの、
一部の研究者の注意を引いただけにとどまった。しかし、1995年の
神戸地震の際いろいろな電磁気現象が発見されるに至り、世界的に多くの
注目を集め、本格的な研究活動がスタートした。その後、地震電磁気学
としてここ30年にて大きな発展を遂げ、昨年にはAGUより地震前兆現象と
題する新本が発刊され、１つの学問体系になろうとしている。さらに、
2014年には日本地震予知学会が発足し、大変盛んである。地震の短期予知
に向けての学問的基盤を目指す地震予知学を提唱している。
本講演では、この地震電磁気学の歴史、神戸地震および2011年東北
地震での各種電磁気現象の紹介、多年にわたる統計的因果関係の紹介、最新の
学問の進展、とりわけ地圏・大気圏・電離圏結合機構などを紹介し、最後に
今後の展望を述べる。

キーワード：地震電磁気前兆現象
Keywords: Seismo-Electromagnetics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

非線形自己回帰ニューラルネットワークを用いた地震に先行する下部電離層異常の検出

Detection of lower ionospheric anomaly preceding earthquake using nonlinear autoregressive neural network

*松木 翔[1]、飯淵 隼人[1]、Hendy Santosa[3]、芳原 容英[1]、Michael Balikhin[2]
*Kakeru Matsuki[1], Hayato Iibuchi[1], Hendy Santosa[3], Yasuhide Hobara[1], Michael A Balikhin[2]

1. 電気通信大学、2. University of Sheffield、3. University of Bengkulu
1. The University of Electro-Communications , 2. University of Sheffield, 3. University of Bengkulu

地球と電離層の間を伝搬する周波数帯域10～50 kHzのVLF (Very Low Frequency)帯送信電波を観測することにより、電離層下部の状態の監視が可能であることが知られている。近年、NARX-NN(Nonlinear Auto Regressive with eXogenous Input-Neural Network)が、VLF帯送信電波振幅の時間変動の高精度のモデリング、予測手法として適用された。その結果、送信電波振幅の予測値と実測値に対して相互相関係数0.9以上という極めて高い予測精度が達成されている。一方、近年規模が大きい地震に先行して、夜間の下部電離層の擾乱を示す、 VLF帯送信電波強度の異常が報告されているが、未だ異常検出精度は高くないため，検出精度の向上が不可欠の課題である。

そこで、本研究はNARX-NNを用いてVLF帯送信電波の夜間電界振幅を解析し、下部電離層擾乱の検出精度の向上を目的とする。また地震に先行する下部電離層擾乱に影響する外因の特定と、VLF帯電界振幅の実測値と予測値の残差を統計的に調査することで、下部電離層異常擾乱の発生機構の解明に寄与する。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of multipoint measurements of plasma turbulence

*Michael A Balikhin[1], Simon N Walker[1]

1. University of Sheffield

The presentation is devoted to the review of advanced methods for the analysis of multipoint measurements of plasma turbulence. Both time and frequency domain methods are reviewed. Using examples of in situ spacecraft observations of plasma turbulence it is shown how the system science based approaches can be used to identify linear and nonlinear dynamical processes within the turbulence.

Keywords: Turbulence, Dynamical processes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冬季雷における高エネルギー現象の観測プロジェクトの進展
Progress of Observation Project for High-energy Phenomena in Winter Thunderstorms

*和田 有希[1,2]、榎戸 輝揚[3]、松元 崇弘[1]、中澤 知洋[4]、古田 禄大[5]、湯浅 孝行、土屋 晴文[5]、米徳 大輔[6]、澤野 達哉[6]、牧島 一夫[1,2]、鴨川 仁[7]、中村 佳敬[8]、森本 健志[9]、佐藤 光輝[10]、酒井 英男[11]、南戸 秀仁[12]、牛尾 知雄[13]
*Yuuki Wada[1,2], Teruaki Enoto[3], Takahiro Matsumoto[1], Kazuhiro Nakazawa[4], Yoshihiro Furuta[5], Takayuki Yuasa, Harufumi Tsuchiya[5], Daisuke Yonetoku[6], Tatsuya Sawano[6], Kazuo Makishima[1,2], Masashi Kamogawa[7], Yoshitaka Nakamura[8], Takeshi Morimoto[9], Mitsuteru Sato[10], Hideo Sakai[11], Hidehito Nanto[12], Tomoo Ushio[13]

1. 東京大学、2. 理化学研究所、3. 京都大学、4. 名古屋大学、5. 日本原子力研究開発機構、6. 金沢大学、7. 東京学芸大学、8. 神戸市立工業高等専門学校、9. 近畿大学、10. 北海道大学、11. 富山大学、12. 金沢工業大学、13. 首都大学東京
1. The University of Tokyo, 2. RIKEN, 3. Kyoto University, 4. Nagoya University, 5. Japan Atomic Energy Agency, 6. Kanazawa University, 7. Tokyo Gakugei University, 8. Kobe City College of Technology, 9. Kindai University, 10. Hokkaido University, 11. University of Toyama, 12. Kanazawa Institute of Technology, 13. Tokyo Metropolitan University

雷雲や雷放電における強電場領域では電子が相対論的な速度まで加速され、その制動放射が地上あるいは衛星・飛翔体実験により検出されている。電子が加速される機構や条件を明らかにするため、我々はGamma-Ray Observation of Winter Thunderclouds (GROWTH) 実験を2007年より行っており、2015年からは石川県や新潟県で可搬型の放射線検出器を用いた多地点観測を実施している。これまで、雷雲から数分以上にわたって放出されるロングバーストの性質 (Tsuchiya et al. 2007) や、雷放電によって放出された地球ガンマ線フラッシュが大気中で光核反応を引き起こしたこと (ショートバースト：Enoto et al. 2017) を解明している。これらロングバーストやショートバーストの検出事例を増やし、さらに個々の事象を複数の観測点で捉えるために、検出器の台数をさらに拡充しており、2018-2019年の冬季シーズンでは合計で20台以上の可搬型検出器を運用した。また雷放電や雲中電場とロングバースト・ショートバーストの関係を探るため、長波帯電波観測や大気電場計測との連携も進めている (Wada et al. 2018)。新たなイベントとして、2018年1月には金沢市で雷放電に同期したロングバーストの途絶とショートバーストの同時検出することに成功した。ロングバーストが途絶した位置と、ショートバーストを発生させた放電の電波パルスの位置は1 km以内で一致しており、ロングバーストを引き起こす雷雲内の強電場領域がショートバーストの発生を促進したことが示唆される。本講演ではGROWTH実験の進展状況、およびこのロングバーストとショートバーストの同時検出事象について報告する。

キーワード：雷、ガンマ線、放射線
Keywords: lightning, gamma ray, radiation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロケット誘雷事例における電磁界および雷撃電流観測データの解析
Electromagnetic and stroke current observations on rocket-triggered lightning

*森本 健志[1]、黒川 真矢[1]、中村 佳敬[2]、山本 和男[3]
*Takeshi Morimoto[1], Shinya Kurokawa[1], Yoshitaka Nakamura[2], Kazuo Yamamoto[3]

1. 近畿大学、2. 神戸市立工業高等専門学校、3. 中部大学
1. Kindai University, 2. Kobe City College of Technology, 3. Chubu University

ロケット誘雷とは、雷雲下で小型ロケットにより導電性ワイヤを引き上げることで、ワイヤに沿って雷放電を誘発する技術である。筆者らのグループでは、石川県羽咋郡で冬季にロケット誘雷実験を行い、その周辺にVHFおよびLF帯の電磁界観測装置、雷撃電流測定用のロゴスキーコイル、高速ビデオカメラを設置して観測を行った。

本発表では、誘雷に成功した負極性落雷について、観測されたデータを総合的に解析し、放電過程を考察する。ロケットにより誘発された上向き正リーダ進展の後、雲から大地に向かう下向き負リーダが進展し、帰還雷撃が発生した。帰還雷撃後に200 ms程度継続する電流中に、電流の急峻な変化に伴う両極性のLF帯電磁パルスを確認した。

キーワード：ロケット誘雷、冬季雷、雷撃電流、電磁界観測
Keywords: Rocket-triggered lightning, Winter thunderstorm, Lightning current, EM observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

Design of C-band polarimetric phased array weather radar

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1]
*Kento Nakamura[1], Hiroshi Kikuchi[2], Tomoaki Mega[1], Tomoo Ushio[1]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学
1. Tokyo metropolitan university, 2. The University of Electro-Communications

Most of the severe phenomena, such as a tornado, a downburst, and microburst, are caused by locally generated cumulonimbus cloud in a short time. In order to observe the evolution of the inner structure of the rain cloud that changes on a scale of several minutes, a weather radar with higher spatiotemporal resolution is needed.
A weather radar with polarimetric observations can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and improve weather forecasts. As a next radar development project, we plan to develop a polarimetric weather phased array weather radar. It is expected that the future phased array radar will achieve a polarimetric capability. The transmitted frequency of the under consideration radar is C-band (5GHz).
It is capable of measuring the 3-D rainfall distribution in less than 1 min in a range of several hundred kilometers, respectively.However, it is difficult to maintain high accuracy of observation of polarimetric phased array weather radar because of the following topics.
1) the effect of deterioration of the antenna characteristics, which are formed by the digital beam forming, in oblique direction are deteriorated. 2) the performance of the cross polarization discrimination, which is performance to distinguish between horizontal waves and vertical waves, are reduced in oblique direction. These problems caused the ununiformity of the accuracy of rainfall estimates.In this paper, we proposed the design of C-band antenna elements and array antennas. We designed the three type of the antenna array, which are a planner, a cylinder, and a semi-spherical types. And also a numerical simulation was conducted to evaluate the accuracy of rainfall estimates using three different arrays.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

Examination of Improving the Precision of Ionospheric F-Layer Electron Density Estimation Using Thunder-origin Whistler Wave

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2]
*Shu Hirai[1], Shogo Kanazawa[1], Yasuhide Hobara[1], Jean-Louis Pincon[2]

1. 電気通信大学、2. LPC2E/CNRS
1. The University of Electro-Communications, 2. LPC2E/CNRS

電離層は，太陽活動や大気中の気象現象などにより時間的，空間的に大きく変動する．電離層を構成する電子密度の変動は，GPS等の測位誤差や，通信の不安定性を引き起こすことが知られており，全球にわたる電離層の時空間的な状態の調査は工学的にも重要な課題である．電離層の電子密度測定には様々な方法があるが，いずれも地上観測がベースとなっているため，陸地から遠く離れた海上における電子密度データを得ることは困難である．全球にわたって電子密度データを得るために，本研究では地上，海上の両方に発生する雷起源のホイスラー波を用いた最も電子密度の高い，電離層F層の電子密度推定法に注目する．先行研究では，中緯度以上での電子密度推定値は電離層のモデル(IRI)とほぼ一致が見られたが，低緯度においては大きな差が生じた．その原因として，雷を衛星直下に発生したと仮定していたため，実際の伝搬距離を過小評価した結果，電子密度推定値を過大評価した可能性があげられる．

そこで，本研究の目的は，ホイスラー波を用いた電離層F層の電子密度推定精度の向上の可能性を調査することである．具体的には，低高度衛星DEMETERによって観測された磁界3成分のデータを用い，ホイスラー波の方向探査を行う．ホイスラー波到来方向から電離層内における伝搬経路を正確に推定し，伝搬距離を考慮することで，特に低緯度における電子密度推定精度の向上を目指す．

キーワード：ホイスラー、電子密度、電離層
Keywords: whistler, electron density, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動
Rn flux anomaly and local seiemicity around Asahi station,Boso,Japan

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5]
*Haruna Kojima[1], Katsumi Hattori[2], Chie Yoshino[2], Michikuni Shimo[3], Toshiharu Konishi[4], Ryuichi Furuya[5]

1. 千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 藤田保健衛生大学、4. 応用光研株式会社、5. コムシステム株式会社
1. Graduate School of Science and Engineering,Chiba University, 2. Department of Earth Sciences,Graduate School of Scince, 3. Fujita Health University, 4. OHYO KOKEN KOGYO Co.,Ltd, 5. COM SYSTEM Inc.

近年、地震に先行する電離層異常や衛星赤外異常などの電磁気学的な地震前兆現象が多く報告されている。これらの前兆現象と地震を結びつける理論として地圏ー大気圏ー電離圏結合（LAIC）が提案されている。本研究では、旭観測点にて大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度の同時観測を行い、LAICの化学チャネルについて観測学的検証を行っている。大気電気パラメータは主に気象要素の影響を受けるため、これらの影響を除去する必要がある。我々はMSSA(マルチチャンネル特異スペクトル解析)を用いて、地中ラドン濃度から気象による影響を除去し、地中からのRnフラックスを推定し、フラックスの変動と地震との関連について調査した。地震のパラメータとして観測点から50kmおよび100kmの累積地震モーメントとEs指数（観測点の感じる1日あたりの地震エネルギー）を用いて解析を行った結果、Rnフラックスの変動は、観測点近傍の地震活動と相関があることがわかった。この結果から、地中ラドン濃度のモニタリングは地域的な地震活動を監視する指標として有効であるといえる。より詳細な調査のために、地中ラドン濃度のネットワーク観測などを実施し、Rnフラックス変動の地震のマグニチュード依存性や距離依存性等の関係を調査する必要がある。

キーワード：地圏-大気圏-電離圏結合、大気電場、大気イオン濃度、地中ラドン濃度
Keywords: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, atmospheric electric field, atmospheric ion concentration, ground Rn concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

Study on electric energy derivation of lightning using optical observation of lightning from TRMM tropical rainfall observation satellite

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1]
*Hirata Kodai[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroshi Kikuchi[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

雷に関する研究は250年以上以前から行われており，現在までに多くの科学的な発見がなされている．雷は地球規模で発生する大気中の電気現象であり，その電気的特性は雷放電現象を物理的，光学的に理解するために非常に大切なパラメータである．落雷電荷モーメントQdsは雷の電気的特性のうち雷のエネルギーの大きさを表すことができるパラメータであり，その大きさは雷による風力発電所の風車の破損や電力線の用船といった地上設備への被害や山火事などの自然災害の被害に影響を与えることが分かりつつある．このQdsの導出について，雷放電が発生する際に放射される電磁波を地上観測施設から観測することでQdsを遠隔導出できる方法があり，とりわけ，低周波のELF帯の周波数領域に現れるELF帯トランジェントを観測することでQdsを推定する研究が進んでいる．さらに近年，国際宇宙ステーションISSに搭載された光学観測機器フォトメタPHにより雷の発光強度とQdsの対応を調査することで雷放電の発光の強さからQdsの推定を行う研究が行われている．この方法では，世界中で発生した雷放電について全球にわたって一様な精度でQdsを算出できることが期待されている．しかし，PHの運用期間は3年間と短いため長期間の統計には向いていない．そこで，本研究においては，1997年~2015年までの19年間運用されていた熱帯降雨観測衛星TRMMに搭載されていた雷光学観測機器であるLISから得られた雷発光強度のデータとELF帯電磁波系地上観測データから得られた落雷電荷モーメントQdsの間の相関関係を導出して全球に渡る光学観測にわたる光学観測によるQdsの導出可能性の調査を行った．

実際に解析を行った結果，雷発光強度と落雷電荷モーメントQdsの間には相関係数0.9程度の強い正の相関があることが示された．このことから，雷発光強度の値から落雷電荷モーメントQds推定が期待できることが示された．今後は，，雷発光強度からの落雷電荷モーメントQds導出の精度向上の工夫を行い，また，19年間にわたるLISによる雷の光学観測のデータをもとに世界雷の落雷電荷モーメントQdsの時空間分布を導出しその特性を調査する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_46

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

Design of C-band polarimetric phased array weather radar

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1]
*Kento Nakamura[1], Hiroshi Kikuchi[2], Tomoaki Mega[1], Tomoo Ushio[1]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学
1. Tokyo metropolitan university, 2. The University of Electro-Communications

Most of the severe phenomena, such as a tornado, a downburst, and microburst, are caused by locally generated cumulonimbus cloud in a short time. In order to observe the evolution of the inner structure of the rain cloud that changes on a scale of several minutes, a weather radar with higher spatiotemporal resolution is needed.
A weather radar with polarimetric observations can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and improve weather forecasts. As a next radar development project, we plan to develop a polarimetric weather phased array weather radar. It is expected that the future phased array radar will achieve a polarimetric capability. The transmitted frequency of the under consideration radar is C-band (5GHz).
It is capable of measuring the 3-D rainfall distribution in less than 1 min in a range of several hundred kilometers, respectively.However, it is difficult to maintain high accuracy of observation of polarimetric phased array weather radar because of the following topics.
1) the effect of deterioration of the antenna characteristics, which are formed by the digital beam forming, in oblique direction are deteriorated. 2) the performance of the cross polarization discrimination, which is performance to distinguish between horizontal waves and vertical waves, are reduced in oblique direction. These problems caused the ununiformity of the accuracy of rainfall estimates.In this paper, we proposed the design of C-band antenna elements and array antennas. We designed the three type of the antenna array, which are a planner, a cylinder, and a semi-spherical types. And also a numerical simulation was conducted to evaluate the accuracy of rainfall estimates using three different arrays.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

Examination of Improving the Precision of Ionospheric F-Layer Electron Density Estimation Using Thunder-origin Whistler Wave

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2]
*Shu Hirai[1], Shogo Kanazawa[1], Yasuhide Hobara[1], Jean-Louis Pincon[2]

1. 電気通信大学、2. LPC2E/CNRS
1. The University of Electro-Communications, 2. LPC2E/CNRS

電離層は，太陽活動や大気中の気象現象などにより時間的，空間的に大きく変動する．電離層を構成する電子密度の変動は，GPS等の測位誤差や，通信の不安定性を引き起こすことが知られており，全球にわたる電離層の時空間的な状態の調査は工学的にも重要な課題である．電離層の電子密度測定には様々な方法があるが，いずれも地上観測がベースとなっているため，陸地から遠く離れた海上における電子密度データを得ることは困難である．全球にわたって電子密度データを得るために，本研究では地上，海上の両方に発生する雷起源のホイスラー波を用いた最も電子密度の高い，電離層F層の電子密度推定法に注目する．先行研究では，中緯度以上での電子密度推定値は電離層のモデル(IRI)とほぼ一致が見られたが，低緯度においては大きな差が生じた．その原因として，雷を衛星直下に発生したと仮定していたため，実際の伝搬距離を過小評価した結果，電子密度推定値を過大評価した可能性があげられる．

そこで，本研究の目的は，ホイスラー波を用いた電離層F層の電子密度推定精度の向上の可能性を調査することである．具体的には，低高度衛星DEMETERによって観測された磁界3成分のデータを用い，ホイスラー波の方向探査を行う．ホイスラー波到来方向から電離層内における伝搬経路を正確に推定し，伝搬距離を考慮することで，特に低緯度における電子密度推定精度の向上を目指す．

キーワード：ホイスラー、電子密度、電離層
Keywords: whistler, electron density, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動
Rn flux anomaly and local seiemicity around Asahi station,Boso,Japan

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5]
*Haruna Kojima[1], Katsumi Hattori[2], Chie Yoshino[2], Michikuni Shimo[3], Toshiharu Konishi[4], Ryuichi Furuya[5]

1. 千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 藤田保健衛生大学、4. 応用光研株式会社、5. コムシステム株式会社
1. Graduate School of Science and Engineering,Chiba University, 2. Department of Earth Sciences,Graduate School of Scince, 3. Fujita Health University, 4. OHYO KOKEN KOGYO Co.,Ltd, 5. COM SYSTEM Inc.

近年、地震に先行する電離層異常や衛星赤外異常などの電磁気学的な地震前兆現象が多く報告されている。これらの前兆現象と地震を結びつける理論として地圏ー大気圏ー電離圏結合（LAIC）が提案されている。本研究では、旭観測点にて大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度の同時観測を行い、LAICの化学チャネルについて観測学的検証を行っている。大気電気パラメータは主に気象要素の影響を受けるため、これらの影響を除去する必要がある。我々はMSSA(マルチチャンネル特異スペクトル解析)を用いて、地中ラドン濃度から気象による影響を除去し、地中からのRnフラックスを推定し、フラックスの変動と地震との関連について調査した。地震のパラメータとして観測点から50kmおよび100kmの累積地震モーメントとEs指数（観測点の感じる1日あたりの地震エネルギー）を用いて解析を行った結果、Rnフラックスの変動は、観測点近傍の地震活動と相関があることがわかった。この結果から、地中ラドン濃度のモニタリングは地域的な地震活動を監視する指標として有効であるといえる。より詳細な調査のために、地中ラドン濃度のネットワーク観測などを実施し、Rnフラックス変動の地震のマグニチュード依存性や距離依存性等の関係を調査する必要がある。

キーワード：地圏-大気圏-電離圏結合、大気電場、大気イオン濃度、地中ラドン濃度
Keywords: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, atmospheric electric field, atmospheric ion concentration, ground Rn concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

Study on electric energy derivation of lightning using optical observation of lightning from TRMM tropical rainfall observation satellite

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1]
*Hirata Kodai[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroshi Kikuchi[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

雷に関する研究は250年以上以前から行われており，現在までに多くの科学的な発見がなされている．雷は地球規模で発生する大気中の電気現象であり，その電気的特性は雷放電現象を物理的，光学的に理解するために非常に大切なパラメータである．落雷電荷モーメントQdsは雷の電気的特性のうち雷のエネルギーの大きさを表すことができるパラメータであり，その大きさは雷による風力発電所の風車の破損や電力線の用船といった地上設備への被害や山火事などの自然災害の被害に影響を与えることが分かりつつある．このQdsの導出について，雷放電が発生する際に放射される電磁波を地上観測施設から観測することでQdsを遠隔導出できる方法があり，とりわけ，低周波のELF帯の周波数領域に現れるELF帯トランジェントを観測することでQdsを推定する研究が進んでいる．さらに近年，国際宇宙ステーションISSに搭載された光学観測機器フォトメタPHにより雷の発光強度とQdsの対応を調査することで雷放電の発光の強さからQdsの推定を行う研究が行われている．この方法では，世界中で発生した雷放電について全球にわたって一様な精度でQdsを算出できることが期待されている．しかし，PHの運用期間は3年間と短いため長期間の統計には向いていない．そこで，本研究においては，1997年~2015年までの19年間運用されていた熱帯降雨観測衛星TRMMに搭載されていた雷光学観測機器であるLISから得られた雷発光強度のデータとELF帯電磁波系地上観測データから得られた落雷電荷モーメントQdsの間の相関関係を導出して全球に渡る光学観測にわたる光学観測によるQdsの導出可能性の調査を行った．

実際に解析を行った結果，雷発光強度と落雷電荷モーメントQdsの間には相関係数0.9程度の強い正の相関があることが示された．このことから，雷発光強度の値から落雷電荷モーメントQds推定が期待できることが示された．今後は，，雷発光強度からの落雷電荷モーメントQds導出の精度向上の工夫を行い，また，19年間にわたるLISによる雷の光学観測のデータをもとに世界雷の落雷電荷モーメントQdsの時空間分布を導出しその特性を調査する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | 301B 3F

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)、座長:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University, Taiwan)

Groundwater resources serve as a vital source for regional water supply under the climate change condition. However, improper use of the available groundwater resources leads to serious environmental disasters such as land subsidence or seawater intrusion. Therefore, groundwater management is a key issue for groundwater resources conservation. Before applying any management practice, it is essential to accurately assess the groundwater system in multi-scales. In this session, we focus on the issues associated with the application of near-surface investigation and modeling on groundwater resources assessment. We welcome studies related to numerical modeling, spatiotemporal modeling, data fusion, and field investigation using hydrogeological approaches, geophysical approaches, geochemical approaches, and remote sensing. We also welcome the studies associated with groundwater contamination transport and remediation, geothermal energy exchange, groundwater microorganisms, hot spring, volcanic hydrology, and environmental disasters evaluation and prevention. We especially encourage the pilot groundwater management studies that solve multi-scale and interdisciplinary problems.

10:45 ~ 11:00

[MGI29-01] Groundwater management for global sustainability

★招待講演

*谷口 真人[1] (1.総合地球環境学研究所)

11:00 ~ 11:15

[MGI29-02] **Building the large-scale specific yields over the Zhuoshui river alluvial fan and Minzhu basin with gravimetric technique**

*Ren-Jhih Yang[1]、Shen Yu Hsiao[1]、Yan-Jyun Lin[1]、Zhen-Yu Wu[1] (1.National Chung Hsing University)

11:15 ~ 11:30

[MGI29-03] **Poro-elastic Deformation of a Heterogenous Geologic Medium due to Groundwater Withdrawal**

*Ajit Joshi[1]、Masaatsu Aichi[1] (1.Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

11:30 ~ 11:45

[MGI29-04] **Analytical Solution of a Ditch Drainage System for the restoration of waterlogged site considering a Subsurface Source/Sink**

*SHUBHAM TIWARI[1]、BRIJESH KUMAR YADAV[1]、RATAN SARMAH[2] (1.Indian Institute of Technology Roorkee、2.Indian Institute of Technology Ropar)

11:45 ~ 12:00

[MGI29-05] **Variable-density flow and mass transport in unsaturated-saturated aquifers under horizontal groundwater flow conditions**

*Jiaqi Liu[1]、Tomochika Tokunaga[1] (1.The University of Tokyo)

12:00 ~ 12:15

[MGI29-06] A practical approach to evaluating water inflow for underground water-sealed storage cavern

*Jing-Sen Cai[1] (1.China University of Geosciences)

Groundwater management for global sustainability
Groundwater management for global sustainability

*谷口 真人[1]
*Makoto Taniguchi[1]

1. 総合地球環境学研究所
1. Research Institute for Humanity and Nature

Groundwater management is important for global sustainability, because of not only large groundwater footprints through global trade of agricultural/industrial materials, but also climate change impacts on groundwater resources directly and indirectly, and carbon emissions through human activities using groundwater. Interactions between groundwater-food-energy nexus and environmental/economical impacts under the conditions of climate change and urbanization, are essential for global sustainability as the center of information among nature, society and humanity. Natural and social tipping points related to groundwater such as land subsidence and saltwater intrusion, regime shifts, and resilience, are the keys for the future of hydrogeology and a sustainable society. Sustainable groundwater management has cultural dependency because of differences in hydroclimate, hydrogeology, water management, and water culture in each area. Therefore, an interaction between humanity and nature is the most important for finding solutions of groundwater management towards sustainability for the current complicated and wicked global environmental problems.

キーワード：groundwater management、global sustainability、groundwater-energy-food nexus
Keywords: groundwater management, global sustainability, groundwater-energy-food nexus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

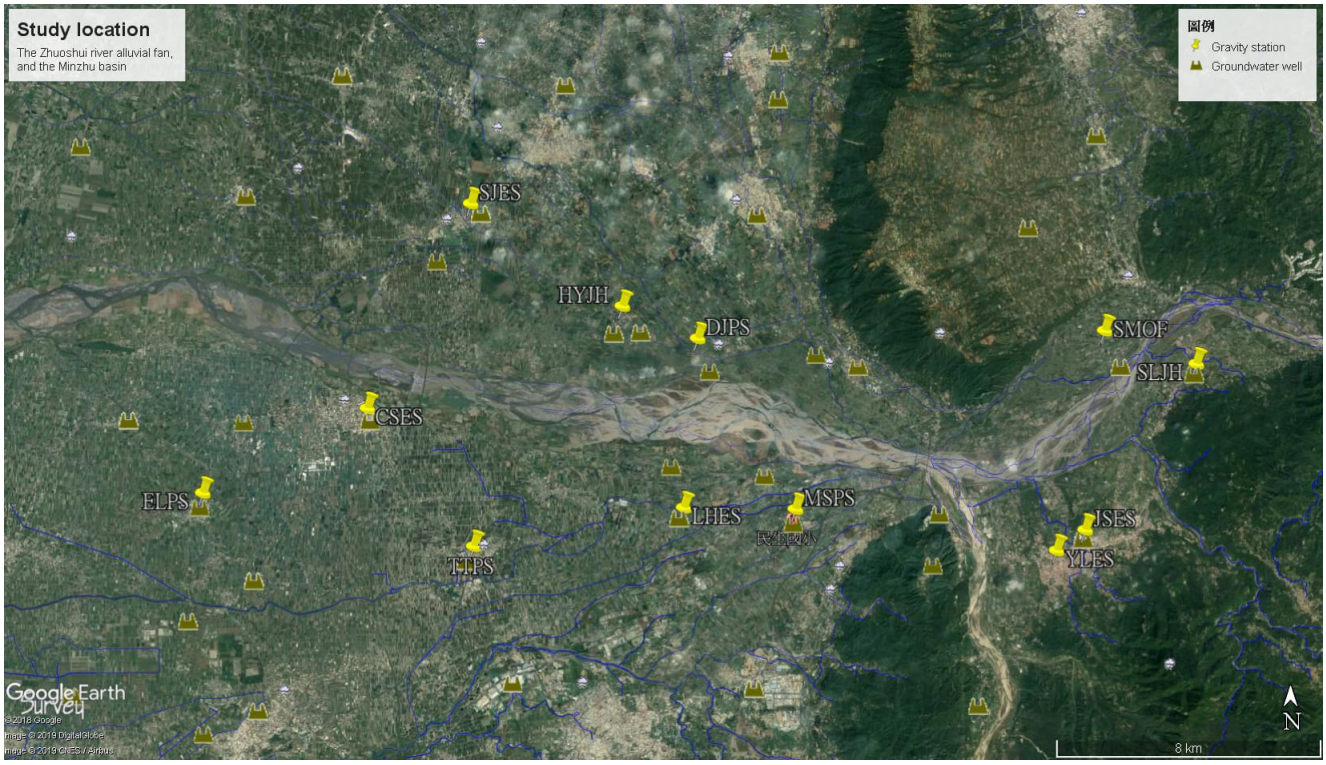
Building the large-scale specific yields over the Zhuoshui river alluvial fan and Minzhu basin with gravimetric technique

*Ren-Jhih Yang[1], Shen Yu Hsiao[1], Yan-Jyun Lin[1], Zhen-Yu Wu[1]

1. National Chung Hsing University

This study estimates the large-scale specific yields (S_y) of the aquifer in the Zhuoshui river alluvial fan and its upstream, Minzhu basin, by gravity data combined with groundwater level data and electrical resistivity tomography (ERT) data. The S_y results from gravimetric technique are rigorously compared with those from hydraulic technique. There are eight gravity stations over the Zhuoshui river alluvial fan, and four over the Minzhu basin.The distribution of all gravity stations is shown in the attached figure. The ERT data are only used for S_y estimation in the "SMOF" gravity station in the Minzhu basin. The strategies for modeling groundwater level changes include the terrain correction method and the Bouguer correction method. The environmental factors influencing the S_y estimation are also discussed. We expect that the groundwater resources in the Zhuoshui river alluvial fan and Minzhu basin can be accurately explored by this study and the results can provide an important reference for groundwater resource management.

Keywords: Gravimetry, Large-scale specific yield, Groundwater resource



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Poro-elastic Deformation of a Heterogenous Geologic Medium due to Groundwater Withdrawal

*Ajit Joshi[1], Masaatsu Aichi[1]

1. Department of Environment Systems, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

Land subsidence around coastal cities in the world have been recognized as a major concern due to risk of flooding from seawater. As an example, land surface near the Tokyo and surrounding regions in Chiba Prefecture in Japan have been subsiding at rates of few centimeters per year based on data from satellite observations and ground survey measurements. Such changes in land surface elevations may have caused due to subsurface fluid (water/methane) extraction from the Plio-Pleistocene sand reservoirs of the Kanto groundwater basin located in and around Tokyo and Chiba. Fluid removal from subsurface geologic medium can reduce pore fluid pressures underneath and subsequently strain the medium causing pore spaces to collapse. Stratigraphic and lithological interpretation of rocks exposed in outcrops from the Kujukuri region in Chiba showed alternations of sandstone-mudstone units and were characterized by transgressive-regressive cycles of vertical heterogeneity indicating a gradual transition of sediment size from coarse-grained sandstone to fine-grained siltstone/mudstone. The present research hypothesized that presence of local geological heterogeneities in a geologic medium can alter hydraulic properties of the medium affecting its deformation. The main purpose of this research was to determine effect of vertical heterogeneity on rock deformation and to predict land surface subsidence due to groundwater extraction. The research hypothesis was tested using a one-dimensional solution to equations for pore fluid mass conservation and Darcy’ s flow mechanics for a poro-elastic medium saturated with water. Porosity and permeability, both dependent upon clay content, were related by a modified form of Kozeny-Carman equation.

Simulations results for a hypothetical 130 m thick water-saturated porous medium under different geological conditions were compared to investigate heterogeneity effect on deformation. Results showed hydraulic strain in mudstone increased by orders of magnitude higher than less compressible and more diffusive sandstone. Simulation results also confirmed that geological heterogeneity would affect poro-elastic deformation by altering hydraulic diffusivity and bulk compressibility of a geologic medium. Moreover, model predicted land surface subsidence, using stratigraphic sections from the Kanto basin, were in good agreement with field deformation measurements from leveling survey. In addition, local heterogeneity can be more important for a geologic medium saturated with multiple fluids (methane/water) which will be addressed in future research.

Keywords: Poro-elastic modeling, Geological heterogeneity, Land subsidence

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

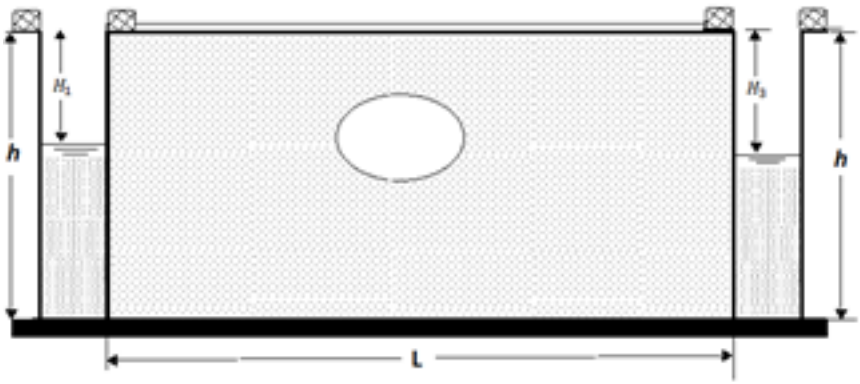
Analytical Solution of a Ditch Drainage System for the restoration of waterlogged site considering a Subsurface Source/Sink

*SHUBHAM TIWARI[1], BRIJESH KUMAR YADAV[1], RATAN SARMAH[2]

1. Indian Institute of Technology Roorkee, 2. Indian Institute of Technology Ropar

Drainage plays an important role in the field of agricultural science, as it helps in removing excess water from the soil quickly. An analytical solution is developed for the prediction of transient seepage to a fully penetrating ditch drainage system receiving water from a ponded surface with an influence of subsurface source/sink. The proposed solution is quite versatile to tackle the presence of source and sink effect in the flow domain. A subsurface flow domain of confined nature is assumed as study area which is having finite extends in horizontal and vertical directions. The hydraulic property of the soil matrix is considered as homogeneous and anisotropic in nature. The accuracy of this solution is analyzed by comparing with numerical solution obtained from finite difference method and other existing simplified case on MATLAB programming software. With the imposition of the source and sink term in the flow domain, the path line and travel time of water molecules started deviating from their original position. It was observed that discharge to the drains has a strong influence of the source/sink term. It is expected that the proposed model will help in the understanding of the flow dynamics associated with the ditch drainage system subjected to source/sink in real field conditions.

Keywords: Transient seepage, Ditch drains, Source/sink, Water logging



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Variable-density flow and mass transport in unsaturated-saturated aquifers under horizontal groundwater flow conditions

*Jiaqi Liu[1], Tomochika Tokunaga[1]

1. The University of Tokyo

Density-induced fingering is an important mass transport process in a variety of groundwater flow settings. This study numerically investigated density-driven flow and mass transport in a 2-D vertical conceptual model of an unsaturated-saturated aquifer. The modeled domain consisted of 300 m long, with horizontal groundwater flow and vertical injection of dense solute from the top. In total, 158 numerical simulation cases were designed with various configurations of horizontal groundwater flow, the rate of solute injection, aquifer properties, and dispersivity. The numerical code FEFLOW was adopted which can solve both variable-density groundwater flow and unsaturated-saturated flow in porous media. Three dimensionless numbers, the convective ratios M_x and M_z and the Rayleigh number Ra_d, were applied to quantitively evaluate the relative magnitudes among the driving forces in the simulation cases. Three end-member flow regimes were identified that were dominated by the horizontal hydraulically-driven flow, the vertical hydraulically-driven flow, and the vertical density-driven flow, respectively. The plots of the simulation results in the M_x-M_z-Ra_d diagram enabled a clear distinction among the clusters of flow regimes and suggested the dominant driving force of each flow regime. The parameter sensitivity and regime shifts were also analyzed with the M_x-M_z-Ra_d diagram. The classification of flow regimes and the proposed M_x-M_z-Ra_d diagram provided a basic reference and a useful tool for understanding the mechanisms of variable-density flow processes under complex field situations.

Keywords: Variable-density flow, Numerical simulations, Dimensionless numbers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

A practical approach to evaluating water inflow for underground water-sealed storage cavern

*Jing-Sen Cai[1]

1. China University of Geosciences

A practical approach that has been successfully applied to evaluate the water inflow for the project of underground water-sealed storage cavern in fractured granite in China are introduced. This approach consists of two steps: investigation of the distribution of groundwater flow path and modeling to evaluate the water inflow in the cavern. Firstly, field investigation methods such as geological survey and mapping, engineering drilling, borehole imaging and engineering geophysical prospecting are used to investigate the distribution of fracture zones and faults. Subsequently, the piecewise water pressure test is performed in the existing boreholes to search the seepage passage which is dictated by the section with large permeability coefficient. Based on this, models such as Hirishi Oshima empirical equation, Misaki Sato Kuniki empirical equation and the empirical analytical equation are utilized to evaluate the water inflow in the traffic tunnel, main cavern and shaft during the construction stage. Results indicate that the seepage passage determined by the piecewise water pressure test corresponds well to the location of fracture zones revealed by field investigation. The evaluation results are confirmed by the surrounding rock quality and water inflow location uncovered by the excavation afterward, which demonstrate the validity of this comprehensive approach.

Keywords: field study, underground water-sealed storage cavern, fractured granite, water inflow, borehole imaging, piecewise water pressure test

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_28

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)

Groundwater resources serve as a vital source for regional water supply under the climate change condition. However, improper use of the available groundwater resources leads to serious environmental disasters such as land subsidence or seawater intrusion. Therefore, groundwater management is a key issue for groundwater resources conservation. Before applying any management practice, it is essential to accurately assess the groundwater system in multi-scales. In this session, we focus on the issues associated with the application of near-surface investigation and modeling on groundwater resources assessment. We welcome studies related to numerical modeling, spatiotemporal modeling, data fusion, and field investigation using hydrogeological approaches, geophysical approaches, geochemical approaches, and remote sensing. We also welcome the studies associated with groundwater contamination transport and remediation, geothermal energy exchange, groundwater microorganisms, hot spring, volcanic hydrology, and environmental disasters evaluation and prevention. We especially encourage the pilot groundwater management studies that solve multi-scale and interdisciplinary problems.

[MGI29-P01] Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1] (1.千葉大学大学院)

[MGI29-P02] Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1]、Chin-Tsai Hsiao[4]、Liang-Cheng Chang[2]、You-Cheng Chen[2]、 Chun-Hung Chen[3]、 Yun-Ta Cheng[3]、Jen-Hung Yu[3] (1.National Cheng Kung University, Taiwan 、2.National Chiao Tung University, Taiwan 、3.Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan、4.Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology)

[MGI29-P03] Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

*CHIHPING KUO[1]、BONIAN SHEN[1]、CHIHWEI HUANG[1]、YUCHIAO LEE[1]、SHENXIANG HUANG[1]、YENLIN CHEN[1] (1.Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology)

[MGI29-P04] The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1]、Tomoyuki Ohtani[2] (1.Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University、2.Department of Civil Engineering, Gifu University)

[MGI29-P05] Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5]、Yao-Tsung Chen[3]、Tien-Hsing Tung[3]、Chih-Hung Cheng[2]、Jie Wang[4] (1.NCU TW、2.Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C、3.Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C.、4.Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan、5.Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan)

[MGI29-P06] **Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method**

*Shih-Yang Cheng[1]、Kuo-Chin Hsu[1] (1.National Cheng Kung Univ.)

[MGI29-P07] Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng[1]、*Hwa-Lung Yu[1] (1. National Taiwan University)

[MGI29-P08] The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1]、Ta Wei Chen[2] (1.Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ.、2.Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association)

Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1]
*ayaka ishikawa[1], Katsumi Hattori[1]

1. 千葉大学大学院
1. chiba university

Landslides triggered by rainfall are one of the most dangerous natural disasters which give the loss of lives and properties. Although the importance of the short-term forecast of landslides is widely accepted, it is not achieved. In this research, we pay attention to electro-magnetic approach for monitoring ground water condition under the slope. That is, we understand the processes of the landslide and develop the system for forecast to detect precursory signal through the electromagnetic changes. In this study, we apply the self-potential approach, which is related on electro-kinetic effects or streaming potential. We have conducted several flume tests and sandbox experiments and the results showed the repeatability of the phenomena or correlation between self-potential and ground water condition. Therefore, we will report the model and numerical computation for the sandbox experiment on injection in this presentation.
SP signals measured in the sandbox during pumping experiment are considered to be due to the electro-kinetic effects. The total current density j is $j=sE-l\mathrm{d}h/\mathrm{d}x_i$, where s (in S m^{-1}) is the electrical conductivity, E (in Vm^{-1}) is the electric field, l (in A Pa^{-1} m^{-1}) is the current coupling coefficient, and h (in m) is the hydraulic head. The variation of SP signals of the sandbox gives quasi-instantaneous information on changes of the hydraulic head. Therefore we consider this problem with quasi-static limit condition i.e. div j = 0. It leads $\mathrm{div}(s\mathrm{grad}\,phi)=-\mathrm{div}(l\mathrm{grad}\,h)$.Where phi (in V) is electric potential. In addition, we assume that s and l are uniform through the sandbox because we assume saturated condition. Finally, the solved equation is $s\mathrm{d}^2phi/dx_i^2=-l\mathrm{d}^2h/dx_i^2$. We simulated distribution of hydraulic head during pumping test using finite element method. Then, we modeled the SP generation.
Consequently, the variation of SP modeled and observed are generally consistent with each other. Therefore, we found that groundwater flows control the occurrence of SP in the sandbox experiment. However, in the detail of time variation, modeled SP differ from those of observed partly. We consider that heterogeneity of soil or necessary of 3D modeling could cause these discordances. Details will be shown in our presentation.

キーワード：自然電位、地下水動態、シミュレーション
Keywords: self-potential, ground water flow, modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1], Chin-Tsai Hsiao[4], Liang-Cheng Chang[2], You-Cheng Chen[2], Chun-Hung Chen[3], Yun-Ta Cheng[3], Jen-Hung Yu[3]

1. National Cheng Kung University, Taiwan , 2. National Chiao Tung University, Taiwan , 3. Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan, 4. Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology

This study continued to measure the water temperature and pressure at the riverbed, agricultural waterway, and groundwater monitoring well from Oct. to Nov. 2018. These observations were then used to estimate the hydraulic conductivity (K) and flux between the river and the aquifer of the well site. The water pressure data reveal that the correlation coefficient between river and groundwater level reaches 0.9 and that between the agricultural waterway and groundwater level is almost 0. This reveals that the groundwater head variation mainly affected by the river stage of the nearby river. The temperature data show that the groundwater temperature is correlated to the temperature of the river water and is uncorrelated to the air temperature. Accordingly, the temperature and head data of the groundwater and river water were used to estimate K and heat capacity of the aquifer between the river and well site using a joint inversion approach. The results show that the estimated K and heat capacity are 67.53 m ⁄ day and 4485000 J ⁄ (m^3–℃), respectively.

Keywords: Hydraulic conductivity, Soil heat capactiy , Joint inversion, Temperature, Groundwater head , Interaction between groundwater and river water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

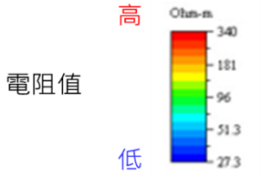
*CHIHPING KUO[1], BONIAN SHEN[1], CHIHWEI HUANG[1], YUCHIAO LEE[1], SHENXIANG HUANG[1], YENLIN CHEN[1]

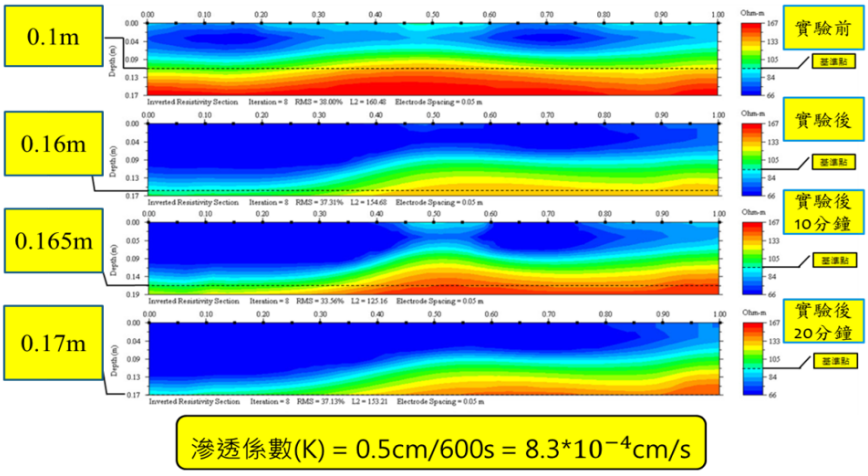
1. Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology

The permeability of soil is used to adapt field constant head permeability test or variable head permeability test. The former test is suitable for soil with higher permeability like sand and gravels; the later test is suitable for soil with lower permeability like silt and clays. Both tests need in-situ drilling holes. The required operating time is usually about couple of hours. A widely used geophysical method, Electrical Resistant Tomography (ERT), is adapted here to evaluate the soil permeability. Two types of soil with different permeability were performed, and the results were compared with the result of same samples using traditional permeability test. The result showed that they were very close. The operating time of ERT for one soil was only less than one hour. The idea of evaluating soil permeability using ERT is proposed in this study.

Keywords: Soil Permeability, Electrical Resistant Tomography

主機設定 (107.10.31 攝於明學樓噴水池旁)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1], Tomoyuki Ohtani[2]

1. Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University, 2. Department of Civil Engineering, Gifu University

Geothermal heat pumps (GHPs) are considered to be one of the most energy efficient and environmentally friendly air-conditioning systems for temperate zones. In Japan, the expansive use of GHPs technology is finite, because of insufficient information on the advantages offered by the system and high installation cost. Therefore, the prediction of potential energy of GHPs at the first stage of installation is desirable. Open-loop system is one of GHPs types system which mostly depends on geological and hydrogeological parameter. This system interacts directly with ground and groundwater factor, because it uses groundwater as direct heat transfer medium through extraction and injection wells. Accordingly, groundwater flow with heat transfer is the most important factor that could affect the performance of open-loop GHPs system. Therefore groundwater flow system as well as distribution of subsurface temperature must be comprehended in detail. The aim of this study is to understand the distribution of groundwater flow and heat transport in study area from the simulation study using the program, FEFLOW. FEFLOW is a finite element code which can numerically simulate groundwater flow and heat transport. As the final result, the simulation model can be used to understand of open loop GHPs system in specified area.

The study area is an alluvial fan of the Nagara River, Gifu city, Japan. It is bounded by mountain ranges from north to northeast side and plain area remains. The Nagara River flows in the center of the plain. This alluvial fan is composed of sands and gravels and often intercalate thin fine sand and silt layers. Groundwater flow occur mainly in the Quaternary deposits, which are sand and gravel layers. Alluvial fans are recharge areas of groundwater and rapid groundwater flow are expected. The underground temperature in alluvial fan is affected by rapid groundwater flow recharged from a river. For assessment of potential energy of open loop GHPs, 3D model of groundwater flow with heat transport in Gifu city was developed using FEFLOW program. Model is constructed first by geological and hydrogeological data. The pre-existing geological columns and profile of study area were collected, which consisted of borehole and cross section data. Furthermore, pre-existing hydrogeological data which consist of groundwater table, underground temperature, and temperature of river water data in study area are also compiled to construct the simulation model. Boundary condition of groundwater flow system is defined by water table distribution. Bottom of the model is basement rock, treated as impermeable boundary and lateral sides are set as no flow boundaries. For boundary conditions of heat transport, top and bottom of the model are fixed by constant temperature boundaries, and lateral sides are as insulated. Based on constructed model, the simulation on groundwater flow with heat transport is performed. The effectiveness of heat transport and fluid flow are affected by material properties. Material properties were determined on the basis of formation types. Groundwater temperature were matched against observed temperatures, using the result of groundwater flow simulation. The observed underground temperatures in study area are fluctuated not only near surface but also in aquifer. This temperature change is resulted from lateral flow of the recharged groundwater. The calculated groundwater temperature will be adjusted until simulation result agreed with observed data from field. So that model can represent the groundwater flow system in alluvial fan of the Nagara River, Gifu city, Japan. For future plan, simulation model is used to investigate potential open loop GHPs system resulted from presence flowing groundwater in study area. This

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

simulation model is effective to predict the natural change of underground temperature, one main factor that affecting heat pumps efficiency.

Keywords: Geothermal heat pump, Groundwater flow, Heat transport, Open loop system, FEFLOW

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5], Yao-Tsung Chen[3], Tien-Hsing Tung[3], Chih-Hung Cheng[2], Jie Wang[4]

1. NCU TW, 2. Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C, 3. Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C., 4. Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan, 5. Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan

The Environmental Protection Administration in Taiwan effectively integrates Cross-Hole Electrical Resistivity Tomography (CHERT) into remediation planning in the anticipatory improvement project of sites with no polluter. During the reagent injection, Time-lapse Cross-Hole Electrical Resistivity (TL-CHERT) data are collected continuously. After data preprocessing and inversion algorithm, the ERT results are presented in images. 4D images could depict the main transmission range of reagent during the reagent injection, and further adjust or revise the second stage of remediation design. Therefore, CHERT could not only improve the remediation of complex groundwater contaminated sites, but also achieve the goal of precise surgical remediation. Besides, setting geophysical exploration equipment together with monitoring wells could greatly increase the use efficiency of the wells. Because groundwater contamination is usually a severe problem, a cross-professional cooperation is necessary. It is expected that this study will provide a worth case study for the survey application of similar contaminated site.

Keywords: CHERT, groundwater, pollution, resistiviy, geophysics, SCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method

*Shih-Yang Cheng[1], Kuo-Chin Hsu[1]

1. National Cheng Kung Univ.

Characterizing spatially heterogeneous hydraulic conductivity plays a crucial role in groundwater resources management and subsurface contaminant remediation. Since the direct measurements of hydraulic conductivity are sparse, the uncertainty is inherent in the estimated parameters. We propose decreasing the uncertainty by assimilating auxiliary data (electrical resistivity) with the direct data (hydraulic conductivity) using Bayesian statistical method. Different from classical geostatistical methods, both linear and nonlinear relations between the direct and auxiliary data can be considered in Bayesian statistical method. A synthetic example is designed to evaluate the method. Results show that the accuracy of hydraulic conductivity is improved through the Bayesian statistical method. Moreover, the effectiveness of auxiliary data in estimation error decrease is more significant when high correlation exists. However, the relation type has little influence on the accuracy. The estimation uncertainty quantified by variance is also compared. The uncertainty is inversely proportional to the amounts of auxiliary data and the correlation in both linear and nonlinear cases. The usefulness of auxiliary data in variance reduction is more obvious in linear cases. A systemic discussion of the sampling strategies of auxiliary data for improving hydraulic conductivity identification is also proposed.

Keywords: Data assimilation, Bayesian statistical method, Hydraulic conductivity, Nonlinear

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng [1], *Hwa-Lung Yu[1]

1. National Taiwan University

Groundwater recharge estimation has been challenging due to the limited knowledge of the hyogeological heterogeneity. This issue is particularly important in the areas with high dependence on groundwater resources. This study proposed a data-driven approach along with a simple ODE model to estimate the groundwater recharge in our study area, Cho-shui river aquifer which is one of the most water-abundant aquifers in Taiwan; however, is suffered from the water overdraft. We analyzed the daily groundwater level observations during 2004-2010 from all wells across the entire study area. Based upon our proposed method, we identified two major recharge areas, i.e., proximal fan of the aquifer and Min-Chu basin at its upstream. The two areas obtained about 181.9 million and 78.8million tons of recharge water annually, resectively, in which about 131 million tons of water flowing from Min-Chu basin into Cho-shui aquifer annually. In summary, this study proposed a novel method for the groundwater recharge estimation.

Keywords: Groundwater, Recharge, EOF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1], Ta Wei Chen[2]

1. Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ., 2. Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association

Recently, rainfall become more unevenly both in special and temporal distribution caused by global climate change. The frequency of drought decrease from once every 17 years to once every 9 years. How to define warning signs of a drought and propose adaptive strategies is one of the key topic for water resources management. The drought can be divided into meteorological drought, agricultural drought and hydrological drought. The study tries to introduces difference Drought Early Warning Index, such as Standardized Precipitation Index, Standardized Groundwater Index, Normalized Difference Vegetation Index etc., to predict drought circumstance. The result can be a reference for development of drought early warning system.

Keywords: Standardized Precipitation Index, Standardized Groundwater Index, Normalized Difference Vegetation Index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_47

[M-GI29] Near Surface Investigation and Modeling for Groundwater Resources Assessment and Conservation

コンビーナ:Jui-Pin Tsai(National Cheng Kung University, Taiwan)、Hwa-Lung Yu(National Taiwan University)、Ching-Chung Cheng(National Chiao Tung University Taiwan)、Jing-Sen Cai(China University of Geosciences)

Groundwater resources serve as a vital source for regional water supply under the climate change condition. However, improper use of the available groundwater resources leads to serious environmental disasters such as land subsidence or seawater intrusion. Therefore, groundwater management is a key issue for groundwater resources conservation. Before applying any management practice, it is essential to accurately assess the groundwater system in multi-scales. In this session, we focus on the issues associated with the application of near-surface investigation and modeling on groundwater resources assessment. We welcome studies related to numerical modeling, spatiotemporal modeling, data fusion, and field investigation using hydrogeological approaches, geophysical approaches, geochemical approaches, and remote sensing. We also welcome the studies associated with groundwater contamination transport and remediation, geothermal energy exchange, groundwater microorganisms, hot spring, volcanic hydrology, and environmental disasters evaluation and prevention. We especially encourage the pilot groundwater management studies that solve multi-scale and interdisciplinary problems.

[MGI29-P01] Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1] (1.千葉大学大学院)

[MGI29-P02] Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1]、Chin-Tsai Hsiao[4]、Liang-Cheng Chang[2]、You-Cheng Chen[2]、 Chun-Hung Chen[3]、 Yun-Ta Cheng[3]、Jen-Hung Yu[3] (1.National Cheng Kung University, Taiwan 、2.National Chiao Tung University, Taiwan 、3.Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan、4.Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology)

[MGI29-P03] Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

*CHIHPING KUO[1]、BONIAN SHEN[1]、CHIHWEI HUANG[1]、YUCHIAO LEE[1]、SHENXIANG HUANG[1]、YENLIN CHEN[1] (1.Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology)

[MGI29-P04] The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1]、Tomoyuki Ohtani[2] (1.Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University、2.Department of Civil Engineering, Gifu University)

[MGI29-P05] Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5]、Yao-Tsung Chen[3]、Tien-Hsing Tung[3]、Chih-Hung Cheng[2]、Jie Wang[4] (1.NCU TW、2.Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C、3.Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C.、4.Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan、5.Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan)

[MGI29-P06] **Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method**

*Shih-Yang Cheng[1]、Kuo-Chin Hsu[1] (1.National Cheng Kung Univ.)

[MGI29-P07] Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng[1]、*Hwa-Lung Yu[1] (1. National Taiwan University)

[MGI29-P08] The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1]、Ta Wei Chen[2] (1.Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ.、2.Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association)

Modelling of self-potential signals associated with groundwater flows

*石川 彩香[1]、服部 克巳[1]
*ayaka ishikawa[1], Katsumi Hattori[1]

1. 千葉大学大学院
1. chiba university

Landslides triggered by rainfall are one of the most dangerous natural disasters which give the loss of lives and properties. Although the importance of the short-term forecast of landslides is widely accepted, it is not achieved. In this research, we pay attention to electro-magnetic approach for monitoring ground water condition under the slope. That is, we understand the processes of the landslide and develop the system for forecast to detect precursory signal through the electromagnetic changes. In this study, we apply the self-potential approach, which is related on electro-kinetic effects or streaming potential. We have conducted several flume tests and sandbox experiments and the results showed the repeatability of the phenomena or correlation between self-potential and ground water condition. Therefore, we will report the model and numerical computation for the sandbox experiment on injection in this presentation.
SP signals measured in the sandbox during pumping experiment are considered to be due to the electro-kinetic effects. The total current density j is $j=sE-l\mathrm{d}h/\mathrm{d}x_i$, where s (in S m^{-1}) is the electrical conductivity, E (in Vm^{-1}) is the electric field, l (in A Pa^{-1} m^{-1}) is the current coupling coefficient, and h (in m) is the hydraulic head. The variation of SP signals of the sandbox gives quasi-instantaneous information on changes of the hydraulic head. Therefore we consider this problem with quasi-static limit condition i.e. div j = 0. It leads $\mathrm{div}(s\mathrm{grad}\,phi)=-\mathrm{div}(l\mathrm{grad}\,h)$.Where phi (in V) is electric potential. In addition, we assume that s and l are uniform through the sandbox because we assume saturated condition. Finally, the solved equation is $s\mathrm{d}^2phi/dx_i^2=-l\mathrm{d}^2h/dx_i^2$. We simulated distribution of hydraulic head during pumping test using finite element method. Then, we modeled the SP generation.
Consequently, the variation of SP modeled and observed are generally consistent with each other. Therefore, we found that groundwater flows control the occurrence of SP in the sandbox experiment. However, in the detail of time variation, modeled SP differ from those of observed partly. We consider that heterogeneity of soil or necessary of 3D modeling could cause these discordances. Details will be shown in our presentation.

キーワード：自然電位、地下水動態、シミュレーション
Keywords: self-potential, ground water flow, modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimating the Hydraulic Conductivity and Heat Capacity of the Aquifer between the River and Well Site Using Joint Inversion Approach

*Jui-Pin Tsai[1], Chin-Tsai Hsiao[4], Liang-Cheng Chang[2], You-Cheng Chen[2], Chun-Hung Chen[3], Yun-Ta Cheng[3], Jen-Hung Yu[3]

1. National Cheng Kung University, Taiwan , 2. National Chiao Tung University, Taiwan , 3. Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency, Taiwan, 4. Department of Information Management, Chung Chou University of Science and Technology

This study continued to measure the water temperature and pressure at the riverbed, agricultural waterway, and groundwater monitoring well from Oct. to Nov. 2018. These observations were then used to estimate the hydraulic conductivity (K) and flux between the river and the aquifer of the well site. The water pressure data reveal that the correlation coefficient between river and groundwater level reaches 0.9 and that between the agricultural waterway and groundwater level is almost 0. This reveals that the groundwater head variation mainly affected by the river stage of the nearby river. The temperature data show that the groundwater temperature is correlated to the temperature of the river water and is uncorrelated to the air temperature. Accordingly, the temperature and head data of the groundwater and river water were used to estimate K and heat capacity of the aquifer between the river and well site using a joint inversion approach. The results show that the estimated K and heat capacity are 67.53 m ⁄ day and 4485000 J ⁄ (m^3–℃), respectively.

Keywords: Hydraulic conductivity, Soil heat capactiy , Joint inversion, Temperature, Groundwater head , Interaction between groundwater and river water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evaluation on Soil Permeability Using Electrical Resistant Tomography

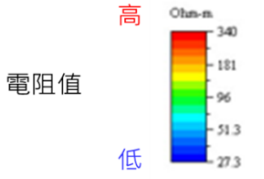
*CHIHPING KUO[1], BONIAN SHEN[1], CHIHWEI HUANG[1], YUCHIAO LEE[1], SHENXIANG HUANG[1], YENLIN CHEN[1]

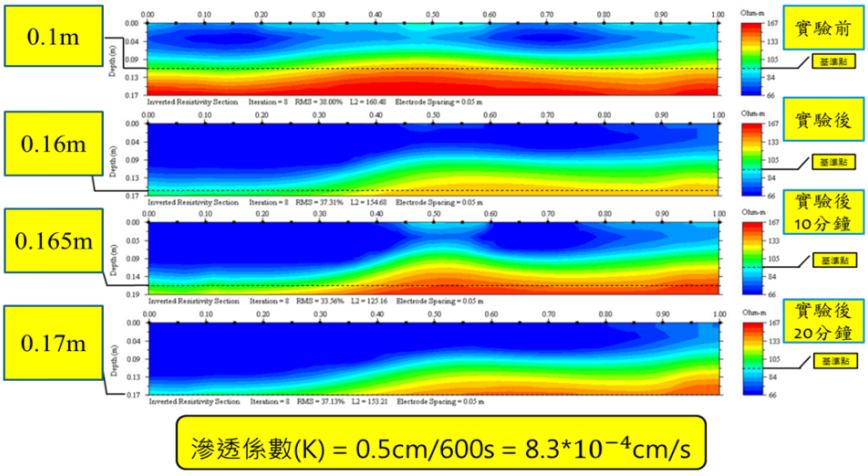
1. Department and Institute of Civil Engineering and Environmental Informatics, Minghsin University of Science and Technology

The permeability of soil is used to adapt field constant head permeability test or variable head permeability test. The former test is suitable for soil with higher permeability like sand and gravels; the later test is suitable for soil with lower permeability like silt and clays. Both tests need in-situ drilling holes. The required operating time is usually about couple of hours. A widely used geophysical method, Electrical Resistant Tomography (ERT), is adapted here to evaluate the soil permeability. Two types of soil with different permeability were performed, and the results were compared with the result of same samples using traditional permeability test. The result showed that they were very close. The operating time of ERT for one soil was only less than one hour. The idea of evaluating soil permeability using ERT is proposed in this study.

Keywords: Soil Permeability, Electrical Resistant Tomography

主機設定 (107.10.31 攝於明學樓噴水池旁)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Potential Study of Open Loop System Geothermal Heat Pump in Gifu City, Japan

*Randa Permanda[1], Tomoyuki Ohtani[2]

1. Department of Civil and Environmental Engineering, Gifu University, 2. Department of Civil Engineering, Gifu University

Geothermal heat pumps (GHPs) are considered to be one of the most energy efficient and environmentally friendly air-conditioning systems for temperate zones. In Japan, the expansive use of GHPs technology is finite, because of insufficient information on the advantages offered by the system and high installation cost. Therefore, the prediction of potential energy of GHPs at the first stage of installation is desirable. Open-loop system is one of GHPs types system which mostly depends on geological and hydrogeological parameter. This system interacts directly with ground and groundwater factor, because it uses groundwater as direct heat transfer medium through extraction and injection wells. Accordingly, groundwater flow with heat transfer is the most important factor that could affect the performance of open-loop GHPs system. Therefore groundwater flow system as well as distribution of subsurface temperature must be comprehended in detail. The aim of this study is to understand the distribution of groundwater flow and heat transport in study area from the simulation study using the program, FEFLOW. FEFLOW is a finite element code which can numerically simulate groundwater flow and heat transport. As the final result, the simulation model can be used to understand of open loop GHPs system in specified area.

The study area is an alluvial fan of the Nagara River, Gifu city, Japan. It is bounded by mountain ranges from north to northeast side and plain area remains. The Nagara River flows in the center of the plain. This alluvial fan is composed of sands and gravels and often intercalate thin fine sand and silt layers. Groundwater flow occur mainly in the Quaternary deposits, which are sand and gravel layers. Alluvial fans are recharge areas of groundwater and rapid groundwater flow are expected. The underground temperature in alluvial fan is affected by rapid groundwater flow recharged from a river. For assessment of potential energy of open loop GHPs, 3D model of groundwater flow with heat transport in Gifu city was developed using FEFLOW program. Model is constructed first by geological and hydrogeological data. The pre-existing geological columns and profile of study area were collected, which consisted of borehole and cross section data. Furthermore, pre-existing hydrogeological data which consist of groundwater table, underground temperature, and temperature of river water data in study area are also compiled to construct the simulation model. Boundary condition of groundwater flow system is defined by water table distribution. Bottom of the model is basement rock, treated as impermeable boundary and lateral sides are set as no flow boundaries. For boundary conditions of heat transport, top and bottom of the model are fixed by constant temperature boundaries, and lateral sides are as insulated. Based on constructed model, the simulation on groundwater flow with heat transport is performed. The effectiveness of heat transport and fluid flow are affected by material properties. Material properties were determined on the basis of formation types. Groundwater temperature were matched against observed temperatures, using the result of groundwater flow simulation. The observed underground temperatures in study area are fluctuated not only near surface but also in aquifer. This temperature change is resulted from lateral flow of the recharged groundwater. The calculated groundwater temperature will be adjusted until simulation result agreed with observed data from field. So that model can represent the groundwater flow system in alluvial fan of the Nagara River, Gifu city, Japan. For future plan, simulation model is used to investigate potential open loop GHPs system resulted from presence flowing groundwater in study area. This

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

simulation model is effective to predict the natural change of underground temperature, one main factor that affecting heat pumps efficiency.

Keywords: Geothermal heat pump, Groundwater flow, Heat transport, Open loop system, FEFLOW

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of TL-CHERT Smart Characterization Method to Investigate a Groundwater Contaminated Site

*Tzu-Pin Wang[1,2,5], Yao-Tsung Chen[3], Tien-Hsing Tung[3], Chih-Hung Cheng[2], Jie Wang[4]

1. NCU TW, 2. Geophysical Technology and Engineering Co.,Ltd. R.O.C, 3. Apollo Technology Co.,Ltd. R.O.C., 4. Department of Civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan, 5. Disaster Reduction Research Center, Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, Taiwan

The Environmental Protection Administration in Taiwan effectively integrates Cross-Hole Electrical Resistivity Tomography (CHERT) into remediation planning in the anticipatory improvement project of sites with no polluter. During the reagent injection, Time-lapse Cross-Hole Electrical Resistivity (TL-CHERT) data are collected continuously. After data preprocessing and inversion algorithm, the ERT results are presented in images. 4D images could depict the main transmission range of reagent during the reagent injection, and further adjust or revise the second stage of remediation design. Therefore, CHERT could not only improve the remediation of complex groundwater contaminated sites, but also achieve the goal of precise surgical remediation. Besides, setting geophysical exploration equipment together with monitoring wells could greatly increase the use efficiency of the wells. Because groundwater contamination is usually a severe problem, a cross-professional cooperation is necessary. It is expected that this study will provide a worth case study for the survey application of similar contaminated site.

Keywords: CHERT, groundwater, pollution, resistiviy, geophysics, SCM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Data Assimilation in Hydraulic Conductivity Identification using Bayesian Statistical Method

*Shih-Yang Cheng[1], Kuo-Chin Hsu[1]

1. National Cheng Kung Univ.

Characterizing spatially heterogeneous hydraulic conductivity plays a crucial role in groundwater resources management and subsurface contaminant remediation. Since the direct measurements of hydraulic conductivity are sparse, the uncertainty is inherent in the estimated parameters. We propose decreasing the uncertainty by assimilating auxiliary data (electrical resistivity) with the direct data (hydraulic conductivity) using Bayesian statistical method. Different from classical geostatistical methods, both linear and nonlinear relations between the direct and auxiliary data can be considered in Bayesian statistical method. A synthetic example is designed to evaluate the method. Results show that the accuracy of hydraulic conductivity is improved through the Bayesian statistical method. Moreover, the effectiveness of auxiliary data in estimation error decrease is more significant when high correlation exists. However, the relation type has little influence on the accuracy. The estimation uncertainty quantified by variance is also compared. The uncertainty is inversely proportional to the amounts of auxiliary data and the correlation in both linear and nonlinear cases. The usefulness of auxiliary data in variance reduction is more obvious in linear cases. A systemic discussion of the sampling strategies of auxiliary data for improving hydraulic conductivity identification is also proposed.

Keywords: Data assimilation, Bayesian statistical method, Hydraulic conductivity, Nonlinear

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Groundwater recharge estimation by using empirical orthogonal function method

Hua-Ting Zeng [1], *Hwa-Lung Yu[1]

1. National Taiwan University

Groundwater recharge estimation has been challenging due to the limited knowledge of the hyogeological heterogeneity. This issue is particularly important in the areas with high dependence on groundwater resources. This study proposed a data-driven approach along with a simple ODE model to estimate the groundwater recharge in our study area, Cho-shui river aquifer which is one of the most water-abundant aquifers in Taiwan; however, is suffered from the water overdraft. We analyzed the daily groundwater level observations during 2004-2010 from all wells across the entire study area. Based upon our proposed method, we identified two major recharge areas, i.e., proximal fan of the aquifer and Min-Chu basin at its upstream. The two areas obtained about 181.9 million and 78.8million tons of recharge water annually, resectively, in which about 131 million tons of water flowing from Min-Chu basin into Cho-shui aquifer annually. In summary, this study proposed a novel method for the groundwater recharge estimation.

Keywords: Groundwater, Recharge, EOF

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Application of Drought Early Warning Index for Regional Hydrological Circumstance Analysis

*Chih Chao Ho[1], Ta Wei Chen[2]

1. Construction and Disaster Prevention Research Center, Feng Chia Univ., 2. Taiwan Hsin-Chu Irrigation Association

Recently, rainfall become more unevenly both in special and temporal distribution caused by global climate change. The frequency of drought decrease from once every 17 years to once every 9 years. How to define warning signs of a drought and propose adaptive strategies is one of the key topic for water resources management. The drought can be divided into meteorological drought, agricultural drought and hydrological drought. The study tries to introduces difference Drought Early Warning Index, such as Standardized Precipitation Index, Standardized Groundwater Index, Normalized Difference Vegetation Index etc., to predict drought circumstance. The result can be a reference for development of drought early warning system.

Keywords: Standardized Precipitation Index, Standardized Groundwater Index, Normalized Difference Vegetation Index

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] **Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ**

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討
Microstratigraphy of hydrogenetic ferromanganese crusts in the Takuyo-Daisan and -Daigo seamounts

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1]
*Akira Usui[1], An-na Nagaoka[2], Michiko Kawamura[1]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University

北西太平洋,拓洋第３海山および拓洋第５海山の基底～山頂斜面において,ROV「かいこう」で採取したマンガンクラストに基づき,色調,構造,微細構造,鉱物・元素の組成から微細層序を組み立てた．基盤岩から表層まで連続的なサンプルのみを選定して微細成長構造タイプを確立し,その積層パターンを記載することが目標である．本試料は若い方から,1)黒褐色層,2)空隙を伴う黒色層,3)緻密な黒色層の3つに分帯できたが,肉眼観察による層序区分は不充分であった．むしろ,砕屑物や粘土の含有量と層区分に対応関係が認められる．層1)には粗粒の鉱物粒子は見られず,細粒の石英などが微細構造の間隙を充填している． 層1)は鮮新世に生成したと推定され,砂質有孔虫らしい微化石を囲むように細粒の鉱物粒子が集合しており,層2)の下限は7－11Maである．これらの積層パターンの一部は海山間あるいは斜面全体に対比できるものもあり,広域的環境変化および局地的変化の双方を記録しているのではないかと考える

キーワード：マンガンクラスト、微細層序、海山
Keywords: ferromanganese crust, microstratigraphy, seamount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

Manganese Crusts with Super Smooth Surface (3S Manganese Crusts) observed at Takuyo No.3 Seamount, Northwest Pacific

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2]
*Masaki Saito[1], Takashi Ito[2]

1. 茨城大学大学院教育学研究科、2. 茨城大学教育学部
1. Graduate School of Education,Ibaraki University, 2. Department of Education,Ibaraki University

北西太平洋に位置している拓洋第３海山において，海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）の研究航海KR17-07C（2017年4月23日～2017年5月1日），KR18-11C（2018年8月11日～2018年9月3日）が実施された．遠隔操作型無人探査艇（ROV）「かいこう」を用いた調査によって，拓洋第３海山の斜面全体にマンガンクラストが広がっており，厚い酸化物層を持っていることが明らかとなった．さらに，マンガン酸化物の表面が極めて肌理細かく平滑な面をもつクラストが複数観察された．これまでマンガン酸化物の表面構造はs（平滑：smooth）型とr（粗：rough）型の2つに分類されており，一般にクラストはs型とされてきた．しかし，今回観察された平滑面は明らかに周囲のクラストの表面構造とは異なっており，新たな分類が必要となる可能性がある．

本研究では，この超平滑面を持つマンガンクラストの分布の特徴，および表面構造について予察的な検討を行った。分布の特徴の検討には，JAMSTEC所有のROV「かいこうMk-IV」に搭載されているデジタルスチルカメラで撮影された画像データを用いた．これらの画像は，潜航中に船上オペレーターがランダムにシャッターを切ったものである．解析はKR17-07C航海中に撮影された画像を1枚ずつ確認し，超平滑面を持つクラストを目視できた画像をカウントした．超平滑面を持つかどうかは，画像内においてROVのライトの光が反射されることで黒光りしているかどうかで判断した．また，超平滑面を持つクラストの分布頻度の目安として，調査時間あたりの画像枚数を計測し，その深度における頻度（枚/min）も産出した．

画像解析の結果，拓洋第３海山において超平滑面をもつクラストの分布には明らかな水深依存性があり，水深1400～1600m付近に卓越し分布していることが明らかとなった．また，超平滑面はクラストの表面全体に広がっているわけではなく，クラストの側面部に多く見られた．

KR18-11C航海で採取された試料に対してSEM観察を行ったところ，超平滑面はそれ以外の部分の表面構造と明確な違いが見られた．超平滑面の表面はSEM観察のレベルにおいても，文字通り極めて平滑であるが，長さ数十μmほどの傷が多数ついていることも確認できた．この傷は一方方向からのみではなくランダムな分布に見えた．今後，超平滑面を持つクラストと通常のクラスト間で鉱物・化学組成等を比較検討するなど，超平滑面の形成過程などは明らかにしていく予定である．

キーワード：マンガンクラスト、拓洋第３海山、超平滑表面、3Sマンガンクラスト
Keywords: manganese crusts, Takuyo No.3 Seamount, Super Smooth Surface, 3S Manganese Crusts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3]
*Daiki Terauchi[1], Kentaro Nakamura[1], Ryo Shimomura[1], Koichi Horinouchi[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Shiki Machida[2,1], Yasuhiro Kato[1,2,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

Ferromanganese nodules are polymetallic concretion mainly composed of Mn- and Fe-oxyhydroxides with significant concentrations of valuable metals such as Ni, Cu and Co [1, 2]. The nodules can be found on deep-sea sediments worldwide, and their dense distribution has recently been discovered in the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3, 4].

It is well known that almost all ferromanganese nodules have nuclei, which clearly indicates that growth of a nodule generally starts on nucleus surface. Characterizing the nuclei of the nodules can, thus, provide important information on the conditions for the growth initiation of the nodules. Previous study [5] revealed that the nuclei of the nodules in the Minamitorishima EEZ can be classified into four types (nucleus I ~ IV), and that the majority of the nuclei is consolidated pelagic clay (nucleus I). However, detailed chemical characteristics of the nucleus I, as well as those of the other types of nuclei, have not yet been fully understood.

Here, we performed major and trace element analysis of the nuclei (especially of the nucleus I) in order to reveal their chemical features. In the presentation, we will show the results of the chemical characterization of the nuclei and then will discuss the origin of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ.

References
[1] Petersen et al. (2016) *Marine Policy,* **70**, 175–187, [2] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews*, **51**, 1–14, [3] Machida et al. (2016) *Geochemical Journal*, **50**, 539–555, [4] JAMSTEC press release, August 26, 2016, [5] Shimomura et al. (2018) *JpGU meeting 2018.*

キーワード：鉄・マンガンノジュール、核、固結した遠洋性粘土、化学組成、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, nuclei, consolidated pelagic clay, chemical composition, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

Micro X-ray fluorescence mapping for the whole cross-section of ferromanganese nodules in the western North Pacific

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1]
*Shiki Machida[1,2], Ryo Shimomura[2], Koichi Horinouchi[2], Kentaro Nakamura[2], Tetsu Kogiso[3], Yasuhiro Kato[2,1]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 京都大学
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. Kyoto University

A dense field of hydrogenous ferromanganese nodules was discovered on a small seamount approximately 300 km east of Minamitorishima (Marcus) Island, in the western North Pacific [1]. Previous study [1] defined two fundamental features on structure and geochemistry of nodules, as follows. The large nodules generally consist of three concentric layers: the outermost mottled (sediment-filled) layer L0; the massive black layer L1; and the innermost porous (sediment-filled) layer L2. Elements including Fe, Ti, and Co are concentrated in the nodule rim rather than the center. In contrast, Mn, Al, P, Ca, Ni, and Zn are concentrated in the center, and decrease toward the rim.

To further investigate the relationship between structure of oxide layers and its geochemical features, we conducted mapping analysis for polished slab of nodules including nuclei and whole layers of oxide by a microfocus X-ray fluorescence analytical microscope (XGT-7000; HORIBA) at Kyoto University. Analysis was conducted in vacuo, and the intensity of Si, Al, P, Ca, K, Mn, Fe, Ti, Ni, Cu, and Y were determined by an energy-dispersive spectrometer at an accelerating voltage of 50 kV, 100 μm beam, and intervals of approximately 160 μm.

We identified that L2 is further sub-divided into three layers, which correspond to layers obtained by X-ray CT [2]. The most inner part of L2 (around nuclei) is characterized by high intensity of Ti and Fe. In contrast, outer part of L2 is characterized by higher intensity of Mn than that of the inner part. Many spots of high intensity of P, Ca, and Y, indicating particles of calcium phosphate including highly amount of Y (and probably rare-earth elements), are observed in the entire area of L2. We found that L1 is clearly characterized by low Si. Furthermore, we observed thin layers showing high intensity of Cu and Ni at the sediment-filled boundaries between L1 and L2, and L1 and L0. Existence of such thin layers suggests that nodules were fully covered by pelagic sediment at the intervals before formation of L1 and L0.

References: [1] Machida et al. (2016) *Geochem. J.*50, 539-555. [2] Shimomura et al. (2018) *Goldschmidt Conference 2018*.

キーワード：マンガンノジュール、マイクロX線分析、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodule, micro X-ray analysis, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_48

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] **Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ**

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討
Microstratigraphy of hydrogenetic ferromanganese crusts in the Takuyo-Daisan and -Daigo seamounts

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1]
*Akira Usui[1], An-na Nagaoka[2], Michiko Kawamura[1]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University

北西太平洋,拓洋第３海山および拓洋第５海山の基底～山頂斜面において,ROV「かいこう」で採取したマンガンクラストに基づき,色調,構造,微細構造,鉱物・元素の組成から微細層序を組み立てた．基盤岩から表層まで連続的なサンプルのみを選定して微細成長構造タイプを確立し,その積層パターンを記載することが目標である．本試料は若い方から,1)黒褐色層,2)空隙を伴う黒色層,3)緻密な黒色層の3つに分帯できたが,肉眼観察による層序区分は不充分であった．むしろ,砕屑物や粘土の含有量と層区分に対応関係が認められる．層1)には粗粒の鉱物粒子は見られず,細粒の石英などが微細構造の間隙を充填している． 層1)は鮮新世に生成したと推定され,砂質有孔虫らしい微化石を囲むように細粒の鉱物粒子が集合しており,層2)の下限は7－11Maである．これらの積層パターンの一部は海山間あるいは斜面全体に対比できるものもあり,広域的環境変化および局地的変化の双方を記録しているのではないかと考える

キーワード：マンガンクラスト、微細層序、海山
Keywords: ferromanganese crust, microstratigraphy, seamount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

Manganese Crusts with Super Smooth Surface (3S Manganese Crusts) observed at Takuyo No.3 Seamount, Northwest Pacific

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2]
*Masaki Saito[1], Takashi Ito[2]

1. 茨城大学大学院教育学研究科、2. 茨城大学教育学部
1. Graduate School of Education,Ibaraki University, 2. Department of Education,Ibaraki University

北西太平洋に位置している拓洋第３海山において，海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）の研究航海KR17-07C（2017年4月23日～2017年5月1日），KR18-11C（2018年8月11日～2018年9月3日）が実施された．遠隔操作型無人探査艇（ROV）「かいこう」を用いた調査によって，拓洋第３海山の斜面全体にマンガンクラストが広がっており，厚い酸化物層を持っていることが明らかとなった．さらに，マンガン酸化物の表面が極めて肌理細かく平滑な面をもつクラストが複数観察された．これまでマンガン酸化物の表面構造はs（平滑：smooth）型とr（粗：rough）型の2つに分類されており，一般にクラストはs型とされてきた．しかし，今回観察された平滑面は明らかに周囲のクラストの表面構造とは異なっており，新たな分類が必要となる可能性がある．

本研究では，この超平滑面を持つマンガンクラストの分布の特徴，および表面構造について予察的な検討を行った。分布の特徴の検討には，JAMSTEC所有のROV「かいこうMk-IV」に搭載されているデジタルスチルカメラで撮影された画像データを用いた．これらの画像は，潜航中に船上オペレーターがランダムにシャッターを切ったものである．解析はKR17-07C航海中に撮影された画像を1枚ずつ確認し，超平滑面を持つクラストを目視できた画像をカウントした．超平滑面を持つかどうかは，画像内においてROVのライトの光が反射されることで黒光りしているかどうかで判断した．また，超平滑面を持つクラストの分布頻度の目安として，調査時間あたりの画像枚数を計測し，その深度における頻度（枚/min）も産出した．

画像解析の結果，拓洋第３海山において超平滑面をもつクラストの分布には明らかな水深依存性があり，水深1400～1600m付近に卓越し分布していることが明らかとなった．また，超平滑面はクラストの表面全体に広がっているわけではなく，クラストの側面部に多く見られた．

KR18-11C航海で採取された試料に対してSEM観察を行ったところ，超平滑面はそれ以外の部分の表面構造と明確な違いが見られた．超平滑面の表面はSEM観察のレベルにおいても，文字通り極めて平滑であるが，長さ数十μmほどの傷が多数ついていることも確認できた．この傷は一方方向からのみではなくランダムな分布に見えた．今後，超平滑面を持つクラストと通常のクラスト間で鉱物・化学組成等を比較検討するなど，超平滑面の形成過程などは明らかにしていく予定である．

キーワード：マンガンクラスト、拓洋第３海山、超平滑表面、3Sマンガンクラスト
Keywords: manganese crusts, Takuyo No.3 Seamount, Super Smooth Surface, 3S Manganese Crusts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3]
*Daiki Terauchi[1], Kentaro Nakamura[1], Ryo Shimomura[1], Koichi Horinouchi[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Shiki Machida[2,1], Yasuhiro Kato[1,2,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

Ferromanganese nodules are polymetallic concretion mainly composed of Mn- and Fe-oxyhydroxides with significant concentrations of valuable metals such as Ni, Cu and Co [1, 2]. The nodules can be found on deep-sea sediments worldwide, and their dense distribution has recently been discovered in the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3, 4].

It is well known that almost all ferromanganese nodules have nuclei, which clearly indicates that growth of a nodule generally starts on nucleus surface. Characterizing the nuclei of the nodules can, thus, provide important information on the conditions for the growth initiation of the nodules. Previous study [5] revealed that the nuclei of the nodules in the Minamitorishima EEZ can be classified into four types (nucleus I ~ IV), and that the majority of the nuclei is consolidated pelagic clay (nucleus I). However, detailed chemical characteristics of the nucleus I, as well as those of the other types of nuclei, have not yet been fully understood.

Here, we performed major and trace element analysis of the nuclei (especially of the nucleus I) in order to reveal their chemical features. In the presentation, we will show the results of the chemical characterization of the nuclei and then will discuss the origin of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ.

References
[1] Petersen et al. (2016) *Marine Policy,* **70**, 175–187, [2] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews*, **51**, 1–14, [3] Machida et al. (2016) *Geochemical Journal*, **50**, 539–555, [4] JAMSTEC press release, August 26, 2016, [5] Shimomura et al. (2018) *JpGU meeting 2018.*

キーワード：鉄・マンガンノジュール、核、固結した遠洋性粘土、化学組成、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, nuclei, consolidated pelagic clay, chemical composition, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

Micro X-ray fluorescence mapping for the whole cross-section of ferromanganese nodules in the western North Pacific

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1]
*Shiki Machida[1,2], Ryo Shimomura[2], Koichi Horinouchi[2], Kentaro Nakamura[2], Tetsu Kogiso[3], Yasuhiro Kato[2,1]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 京都大学
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. Kyoto University

A dense field of hydrogenous ferromanganese nodules was discovered on a small seamount approximately 300 km east of Minamitorishima (Marcus) Island, in the western North Pacific [1]. Previous study [1] defined two fundamental features on structure and geochemistry of nodules, as follows. The large nodules generally consist of three concentric layers: the outermost mottled (sediment-filled) layer L0; the massive black layer L1; and the innermost porous (sediment-filled) layer L2. Elements including Fe, Ti, and Co are concentrated in the nodule rim rather than the center. In contrast, Mn, Al, P, Ca, Ni, and Zn are concentrated in the center, and decrease toward the rim.

To further investigate the relationship between structure of oxide layers and its geochemical features, we conducted mapping analysis for polished slab of nodules including nuclei and whole layers of oxide by a microfocus X-ray fluorescence analytical microscope (XGT-7000; HORIBA) at Kyoto University. Analysis was conducted in vacuo, and the intensity of Si, Al, P, Ca, K, Mn, Fe, Ti, Ni, Cu, and Y were determined by an energy-dispersive spectrometer at an accelerating voltage of 50 kV, 100 μm beam, and intervals of approximately 160 μm.

We identified that L2 is further sub-divided into three layers, which correspond to layers obtained by X-ray CT [2]. The most inner part of L2 (around nuclei) is characterized by high intensity of Ti and Fe. In contrast, outer part of L2 is characterized by higher intensity of Mn than that of the inner part. Many spots of high intensity of P, Ca, and Y, indicating particles of calcium phosphate including highly amount of Y (and probably rare-earth elements), are observed in the entire area of L2. We found that L1 is clearly characterized by low Si. Furthermore, we observed thin layers showing high intensity of Cu and Ni at the sediment-filled boundaries between L1 and L2, and L1 and L0. Existence of such thin layers suggests that nodules were fully covered by pelagic sediment at the intervals before formation of L1 and L0.

References: [1] Machida et al. (2016) *Geochem. J.*50, 539-555. [2] Shimomura et al. (2018) *Goldschmidt Conference 2018*.

キーワード：マンガンノジュール、マイクロX線分析、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodule, micro X-ray analysis, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | A09 東京ベイ幕張ホール

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)、座長:伊藤 孝(茨城大学)、高橋 嘉夫(東京大学)、鈴木 勝彦(JAMSTEC)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

15:30 ~ 15:45

[MGI34-01] 海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3.高知大学農林海洋科学部)

15:45 ~ 16:00

[MGI34-02] 酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構、3.農業・食品産業技術総合研究機構、4.高輝度光科学研究センター、5.東京大学、6.愛媛大学、7.広島大学、8.高エネルギー加速器研究機構)

16:00 ~ 16:15

[MGI34-03] 深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6] (1.筑波大学数理物質系、2.広島大学大学院理学研究科、3.高知大学海洋コア総合研究センター、4.理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5.日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6.東京大学大学院理学系研究科)

16:15 ~ 16:30

[MGI34-04] モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

16:30 ~ 16:45

[MGI34-05] Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules

*Shitong Yang[1]、Soichiro Uesugi[1]、Haibo Qin[1]、Akira Usui[2]、Yoshio Takahashi[1] (1.Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo、2.Geology Department, Kochi University)

16:45 ~ 17:00

[MGI34-06] Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター)

海底マンガン鉱床の縞々学における課題：マンガンクラストにみられる成長構造，組成変動とその対比

Challenges in microstratigraphy on the hydrogenetic ferromanganese crusts: Depositional processes and environments recorded as secular variations in microstructure, chemical and mineralogical compositions.

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、浦本 豪一郎[1]、村山 雅史[3]
*Akira Usui[1], Anna Nagaoka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Masafumi MURAYAMA[3]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野、3. 高知大学農林海洋科学部
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University, 3. Fac. Agriculture and Marine Sciences, Kochi University

We attempted to apply the method of Shima-Shima-gaku (lamina stratigraphy named by prof. S. Kawakami) on the secular variations in growth structure, chemical and mineralogical properties between the growth columns of the hydrogenetic ferromanganese deposit. The critera for describing each bands or zones based on the macroscopic (=physical) properties are not always consistant with chronological correlations or may not match with mineral/chemical composition. Our microscopic characterization using optical microscope, XRF mapping, XRD, acid-leach, micro-focus X-ray CT proved a possibility of separating local and regional sources of each mineral particle or element which is closely associated the environments of eposition.

キーワード：海底マンガン鉱床、マンガンクラスト、微細層序、縞々学
Keywords: marine manganese deposit, manganese crust, microstratigraphy, Shima-Shima-gaku

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的な遠洋性堆積物中に存在する大量の微小マンガン粒について
Abundant ferromanganese microparticles in oxic pelagic sediments

*浦本 豪一郎[1,2]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、若木 重行[2]、中田 亮一[2]、和穎 朗太[3]、上杉 健太朗[4]、竹内 晃久[4]、星野 真人[4]、鈴木 芳生[4,5]、光延 聖[6]、白石 史人[7]、菅 大暉[5]、武市 泰男[8]、高橋 嘉夫[5]、稲垣 史生[2]
*Go-Ichiro Uramoto[1,2], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Shigeyuki Wakaki[2], Ryoichi Nakada[2], Rota Wagai[3], Kentaro Uesugi[4], Akihisa Takeuchi[4], Masato Hoshino[4], Yoshio Suzuki[4,5], Satoshi Mitsunobu[6], Fumito Shiraishi[7], Hiroki Suga[5], Yasuo Takeichi[8], Yoshio Takahashi[5], Fumio Inagaki[2]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構、3. 農業・食品産業技術総合研究機構、4. 高輝度光科学研究センター、5. 東京大学、6. 愛媛大学、7. 広島大学、8. 高エネルギー加速器研究機構
1. Kochi University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. National Agriculture and Food Research Organization, 4. Japan Synchrotron Radiation Research Institute, 5. University of Tokyo, 6. Ehime University, 7. Hiroshima University, 8. High Energy Accelerator Research Organization

マンガンは地殻に存在する金属元素の中で鉄、チタンに次いで存在量が多く、また、酸化還元状態のような化学的な環境変化に反応して希少金属を伴って沈殿物を形成または分解するため、環境中での金属元素の挙動を理解する上で、重要な元素として注目されてきた。深海底ではマンガン団塊やコバルトリッチクラストのような球状ないし板状の金属酸化物として広く存在し、近年はその成因について調査研究が進められている。ただし、鉄マンガン酸化物の生成が大規模に生じていると考えられる広大な外洋環流域海底下の酸化的な地層環境内で、どのように鉄マンガン酸化物が存在するか、その実態は分かっていなかった。

本研究は、統合国際深海掘削計画第329次航海で得られた南太平洋環流域の酸化的な海底堆積物 [1] の微細構造を詳しく調べた結果、直径数ミクロンの鉄マンガン酸化物微粒子（以下「微小マンガン粒」）が、堆積物1ccあたり1億～10億個存在することを発見した [2]。微小マンガン粒は、外洋域の酸素に富む堆積物にのみ見つかり、外洋地層全体での存在量を計算した結果、10^{28}～10^{29}個の微小マンガン粒が海底下に存在することが分かった。さらに、比重分画と鉱物の光学的性質から、こうした微粒子を堆積物から分離する技術を確立した。その上で主要・微量元素の組成を分析した結果、微小マンガン粒は海水中で形成されたことが示唆され、鉄やマンガン等の主要金属元素だけでなく、レアアースのような有用希少金属を多く含むことが分かった。特にマンガンについては、地層中に含まれるマンガンの30～60%、重さにして1.28～7.62 兆トンのマンガンに相当することが明らかとなった。これは、海底表層のマンガン団塊やコバルトリッチクラストに含まれるマンガン総量の100～1000倍に相当し、膨大なマンガンが微粒子状の形で海底下に埋もれていることを示している。以上から、これまで存在すら知られていなかった金属酸化物の微粒子が、海洋での金属元素循環や物質保持メカニズムを理解する上で重要な役割を果たすことが明らかとなった。また、本研究で確立した環境試料から特定の微細粒子を精密かつ高速に分離・回収する技術は、今後、微粒子解析の基礎技術として、様々な応用展開が期待される。

キーワード：微小マンガン粒、酸化的堆積物、IODP第329次航海
Keywords: Mn-microparticle, oxic pelagic clay, IODP Exp. 329

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海底化学堆積物・鉄マンガンクラストにおけるZr, Hfの分別挙動
Fractionation of Zirconium-Hafnium in ferromanganese crusts

*坂口 綾[1]、稲垣 純平[1]、井上 美南[2]、臼井 朗[3]、羽場 宏光[4]、金子 政志[5]、山﨑 信哉[1]、末木 啓介[1]、高橋 嘉夫[6]
*Aya Sakaguchi[1], Junpei Inagaki[1], Minami Inoue[2], Akira Usui[3], Hiromitsu Haba[4], Masashi Kaneko[5], Shinya Yamasaki[1], Keisuke Sueki[1], Yoshio Takahashi[6]

1. 筑波大学数理物質系、2. 広島大学大学院理学研究科、3. 高知大学海洋コア総合研究センター、4. 理化学研究所仁科加速器科学研究センター、5. 日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター、6. 東京大学大学院理学系研究科
1. Faculty of Pure and Applied Science, 2. Graduate School of Science, Hiroshima University, 3. Center for Advanced Marine Core Research , Kochi University, 4. Nishina Center, Riken, 5. Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency, 6. Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ferromanganese crusts (FMCs) are abyssal benthic chemical sediments that consist mainly of Fe and Mn oxide and hydroxide minerals, enriched with trace and precious metals. Due to their similar physicochemical properties, the elements zirconium (Zr) and hafnium (Hf), which are concentrated in FMCs, have a theoretically uniform ratio (Zr/Hf), which ratio is found in numerous systems. However, recent advances in analytical techniques have allowed observation of significant differences in the fractionation of these elements between seawater (Zr/Hf~45-350; Firdaus et al. 2011) and FMCs (Zr/Hf~57-88; Schmidt et al., 2014). In this study, we conducted adsorption experiments and XAFS analyses to clarify the concentrations and fractionation mechanisms of Zr-Hf in FMCs using synthesized minerals (Ferrihydrite and δ-MnO_2), radio-Zr and Hf tracers, and natural samples.

Six FMCs were collected from the Takuyo-Daigo and Ryusei seamounts, at water depths of from 950 m to 3000 m, using a ROV equipped with a live video camera and manipulators. The near surface layers (less than 1 mm) of all the FMCs were analyzed with XAFS and ICP-MS for Zr, Hf and other elements, and with XRD for mineral composition. Radiotracers were produced using the RIKEN AVF cyclotron for adsorption and co-precipitation experiments. Appropriate amounts of these tracers were added to 0.7 M NaCl solutions containing desferrioxamine B (DFOB) to obtain some Zr and Hf concentrations of solutions. The speciations of these elements in said solutions were confirmed by ESI-TOF-MS. Synthesized Ferrihydrite or δ-MnO_2 was added to the solutions and stirred for three hours at a pH of 8. In addition, Ferrihydrite or δ-MnO_2 was synthesized in said solutions. The activities of radio tracers in the filtered solutions were measured using a Ge detector. The adsorption/co-precipitation amounts to the solid phase were calculated using the differences in the radioactivity of the solution before and after filtration.

The major mineral composition of Fe and Mn in the FMCs did not vary significantly with the water depth of these seamounts. The concentrations of Zr and Hf increased with depth, and their ratios were totally fractionated from those of the seawater (Firdaus et al., 2011). Hf was more enriched in all FMCs than was Zr. The observed Zr chemical states in the FMCs were mainly coprecipitation with Ferrihydrite and coprecipitation with d-MnO2. In our adsorption experiments, the largest adsorption rate was observed in Hf to δ-MnO_2, followed in order by Zr to δ-MnO_2, Hf to Ferrihydrite and Zr to Ferrihydrite. The partition coefficients (K_D values) were calculated using the concentration ranges of Zr and Hf in seawater, where it was clear that Hf adsorbed more on both. Even though complexation rates estimated by RI-TLC were considered, there was no change in the adsorption behaviors in these experiments. For these samples, we found that the bond lengths between Zr-O and Hf-O in the first shells were shortened when they were incorporated into the oxides, with Hf-O becoming more shortened compared to Zr-O. The DFT

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

calculations showed that Zr and Hf adsorbs on Fe and Mn oxides as bidentate-mono nuclear and bidentate-binuclear structures. The calculation results for the binding energies and bond orders of Zr and Hf to minerals gave a reasonable explanation of the fractionation mechanism for Zr-Hf pairs in FMCs.

キーワード：鉄マンガンクラスト、ジルコニウム、ハフニウム
Keywords: Ferromanganese crusts, Zirconium, Hafnium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モリブデン類似元素の鉄マンガン酸化物への吸着に伴う同位体分別
Isotope fractionation of Mo-like elements during adsorption to ferromanganese oxides

*田中 雅人[1]、高橋 嘉夫[1]
*Masato Tanaka[1], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo

A large mass-dependent isotope fractionation between seawater and ferromanganese oxides was observed, where lighter isotopes of Mo were preferentially incorporated into ferromanganese oxides. The large isotopic fractionation of molybdenum (Mo) is most likely caused by geometrical change from tetrahedral (Td) to distorted octahedral (Oh) during adsorption on manganese oxides based on X-ray absorption fine structure (XAFS) spectroscopy. The coordination number relates to its ionic radius. Thus, the elements which have similar ionic radius to Mo are expected to show the similar phenomena to Mo, i.e. the large isotope fractionation. Germanium (Ge) and Vanadium (V) can be candidate of such elements because they have similar ionic radius to Mo (Ge(IV): r= 0.53 Å, V(V): r=0.54 Å, and Mo(VI): r=0.59 Åfor 6-hold coordination). In this study, we examine the adsorption structure of Ge and V on Fe-/Mn-(oxyhydr)oxides by XAFS spectroscopy. Furthermore, the isotope fractionation during adsorption on the minerals is estimated by quantum chemical calculations.

XAFS analysis indicated that the adsorbed species of Ge on Fe- and Mn-(oxyhydr)oxides have Td geometry. On the other hand, the adsorbed structure of V on ferrihydrite is Td whereas that on δ-MnO_2 is distorted Oh. This trend of V in adsorbed species is similar to that of Mo. The geometries of hydrated species of Ge and V are Td. Thus, it is expected that a large V isotope fractionation occur during adsorption on Mn oxide, but a small fractionation in the case of Ge. In fact, a large isotope fractionation for V and a small isotope fractionation for Ge were estimated by quantum chemical calculations. This finding indicates that the requirement to show a Mo like large isotope fractionation during adsorption is not only an appropriate ionic radius. Recently, we found that two elemental properties of Mo(VI), namely d^0 electronic configuration and appropriate ionic radius, lead to the large isotope fractionation. In fact, V(V) possesses d^0 electronic configuration, but Ge(IV) does not. Tungsten (W)(VI) also satisfies the two properties and shows a large isotope fractionation during adsorption on Fe-/Mn-(oxyhydr)oxides. Thus, the elements which have the two elemental properties (Mo-like elements) can exhibit a Mo like large isotope fractionation during ferromanganese oxides.

キーワード：モリブデン、鉄マンガン酸化物、同位体分別、量子化学計算、バナジウム、ゲルマニウム
Keywords: molybdenum, ferromanganese oxide, isotope fractionation, quantum chemical calculation, vanadium, germanium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Distinct distribution trends of arsenate and molybdate in marine ferromanganese nodules

*Shitong Yang[1], Soichiro Uesugi[1], Haibo Qin[1], Akira Usui[2], Yoshio Takahashi[1]

1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Geology Department, Kochi University

Marine ferromanganese nodules or crusts with the hydrogenetic (HG), diagenetic (DG) and hydrothermal (HT) origins, are important sedimentary substrates for various elements such as lead (Pb), zinc (Zn), cobalt (Co), cerium (Ce), molybdenum (Mo), tungsten (W), arsenic (As), antimony (Sb), tellurium (Te), and etc. However, the distribution behaviors and host phases of tetrahedral arsenate (AsO_4^{3-}) and molybdate (MoO_4^{2-}) oxyanions in the ferromanganese oxides are far from understood. Herein, we combine sequential extraction approach and spectroscopic analyses to explore the mineralogical components of HG ferromanganese nodules collected from the Pacific Ocean and the speciation of arsenate and molybdate therein.

X-ray diffraction (XRD), X-ray absorption near-edge structure (XANES) and extended X-ray absorption fine structure (EXAFS) spectroscopy analyses indicate that the predominant manganese and iron phases were vernadite (δ-MnO_2) and ferrihydrite, respectively. According to the sequential extraction examination, both As and Mo are associated with the iron (oxyhydr)oxide phases. As K-edge EXAFS analyses indicate the immobilization of arsenate by ferrihydrite via forming inner-sphere complexes in double corner-shared form. This result is consistent with the sequential extraction data. However, Mo L_3-edge XANES analyses suggest the adsorption of molybdate on vernadite surfaces via the edge-shared complexation, being contrary to the conclusion derived from the sequential extraction results. This inconsistency reveals the unreliability of sequential extraction approach to verify the host phase of trace elements in complicated natural samples due to the potential occurrence of re-adsorption risk.

According to the spectroscopic analyses, chemical binding (ΔG_{chem}) rather than the previously proposed coulombic interaction (ΔG_{coul}) is the predominant driving force for the retention of arsenate and molybdate by HG ferromanganese nodules. The disparate distribution trends of arsenate and molybdate are attributed to their different intrinsic properties (e.g., averaged dissociation constants of conjugate acids) and the diverse properties (e.g., surface site densify, adsorption equilibrium constant and crystalline structure) of ferrihydrite and vernadite. These research findings will help assess the geochemical behaviors and environmental fate of trace elements in marine environment.

Keywords: Marine ferromanganese nodules, Arsenate , Molybdate, Host phases, Geochemical behaviors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mineralogical and geochemical characteristics of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*中村 謙太郎[1]、堀之内 航一[1]、下村 遼[1]、町田 嗣樹[2]、安川 和孝[1,2]、藤永 公一郎[1,2]、加藤 泰浩[1,2]
*Kentaro Nakamura[1], Koichi Horinouchi[1], Ryo Shimomura[1], Shiki Machida[2], Kazutaka Yasukawa[1,2], Koichiro Fujinaga[1,2], Yasuhiro Kato[1,2]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. ORCeNG, Chiba Institute of Technology

Ferromanganese nodules are spherical material mainly composed of manganese, iron, and other transition metal (oxyhydro)oxides, which are widely distributed on the deep seafloor around the world [1]. It has been widely accepted that ferromanganese nodules can be classified into three types: hydrogenetic, diagenetic and hydrothermal types [1]. Among them, hydrogenetic nodules are composed of Fe–Mn (oxyhydr)oxides that precipitated from seawater and thus, this type of nodules can be expected to provide proxy paleoceanographic records [2, 3, 4, 5].
In this study, we investigated mineralogy and geochemistry of ferromanganese nodules sampled from the Minamitorishima EEZ for the purpose of elucidating formation environment of the nodules. Both the ferromanganese mineral phase and bulk chemical compositions clearly show that these nodules are hydrogenetic in origin. Based on X-ray CT and micro X-ray mapping analyses, oxide layer of the nodules can be subdivided into five layers [6. 7]. Although ferromanganese mineral is common to all the oxide layers, we found that Mn/Fe and Ni content systematically changed from inner layer to outer layer. The result implies that bottom water of the Minamitorishima EEZ has gradually been oxygenated toward the present.

キーワード：マンガンノジュール、マンガン鉱物、全岩化学組成、形成環境、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, ferromanganese mineral, bulk chemical compositions, formation environment, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | 301B 3F

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、座長:樫村 博基

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

13:45 ~ 14:00

[MGI35-01] 太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究

*草野 完也[1]、堀田 英之[2] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所、2.千葉大学大学院融合理工学府)

14:00 ~ 14:15

[MGI35-02] 全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1] (1.神戸大学/惑星科学研究センター、2.理化学研究所計算科学研究センター、3.九州大学、4.北海道大学)

14:15 ~ 14:30

[MGI35-03] 原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.名古屋大学工学研究科、3.筑波大学計算科学センター)

14:30 ~ 14:45

[MGI35-04] Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4] (1.東京大学、2.東京工業大学、3.理化学研究所計算科学研究機構、4.宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所)

14:45 ~ 15:00

[MGI35-05] ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,

*牧野 淳一郎[1,2] (1.神戸大学、2.理研計算科学研究センター)

15:00 ~ 15:15

Discussion

太陽地球圏環境変動の原因としての太陽活動のシミュレーション研究
Simulation Studies of Solar Activities as a Cause of Solar-Terrestrial Environment Variation

*草野 完也[1]、堀田 英之[2]
*Kanya Kusano[1], Hideyuki Hotta[2]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Faculty of Science and Engineering, Chiba University

Solar activity is the main driver of disturbance of solar-terrestrial environment, and an extreme space weather disaster caused by a giant solar eruption is a potential risk to modern society. The prediction is just a way to mitigate the space weather disaster. In this study, in order to improve our understanding and predictability of the solar-terrestrial environmental variation, we are developing the various types of simulations of solar activities. In this paper, we will report the recent progress of the following two topics. The first topic is for the comprehensive simulation of the whole solar convection zone. Since comprehensive calculation covering whole convection zone has not been carried out ever due to significant temporal and spatial differences between deep and surface layers, our understanding for connection between the solar surface and the deep solar interior has been limited. Here we succeed in carrying out such a calculation for the first time. The results show that the surface region has an unexpectedly small effect on the deep convection zone. The second topic is for the physics-based prediction of imminent giant solar flares. The results indicate that the non-linear force-free modeling based on the vector magnetic field data can be a powerful tool to predict when, where and how large giant solar flares will occur.

キーワード：太陽対流層、太陽フレア、宇宙天気
Keywords: solar convection zone, solar flares, space weather

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

全球非静力学火星大気大循環モデルの開発と高解像度計算
Development of a global non-hydrostatic Martian atmospheric model and its high-resolution simulation

*樫村 博基[1]、八代 尚[2]、西澤 誠也[2]、富田 浩文[2]、中島 健介[3]、石渡 正樹[4]、高橋 芳幸[1]、林 祥介[1]
*Hiroki Kashimura[1], Hisashi Yashiro[2], Seiya Nishizawa[2], Hirofumi Tomita[2], Kensuke Nakajima[3], Masaki Ishiwatari[4], Yoshiyuki O. Takahashi[1], Yoshi-Yuki Hayashi[1]

1. 神戸大学/惑星科学研究センター、2. 理化学研究所計算科学研究センター、3. 九州大学、4. 北海道大学
1. Kobe University/Center for Planetary Science, 2. RIKEN Center for Computational Science, 3. Kyushu University, 4. Hokkaido University

地球大気の運動は数メートル規模から惑星規模に至るまで幅広く、様々な規模の現象が相互作用している。このことが、より高解像度の大気シミュレーションが求められる理由の1つである。こうした状況は、火星をはじめとした他の惑星でも同様なはずである。火星では数十から数百メートル規模のダストデビル（塵旋風）から、数十キロメートル規模のローカルダストストーム、全球を覆うグローバルダストストームまで、大小様々な規模の砂嵐が観測されているが、これらのスケール間の相互作用は未解明である。また火星は大気が薄く海がないため、昼夜間の寒暖差が大きく、鉛直対流が卓越すると考えられるが、全球規模の大気大循環に対するその役割は解明されていない。これらの謎に挑むためには、水平数キロメートル解像度の高解像度全球大気計算が求められる。また鉛直対流を陽に表現するために、非静力学の方程式系で計算する必要がある。

そこで我々は、大型計算機「京」の後継機、ポスト「京」での火星高解像度計算の実現を目指し、全球非静力学火星大気モデル (火星版SCALE-GM) を開発している。SCALE-GM (http://scale.aics.riken.jp/) は、正二十面体準一様格子法 (Tomita et al., 2001, 2002) による地球大気の全球非静力学モデルNICAM (Tomita & Satoh, 2005; Satoh et al., 2008; Satoh et al., 2014) の力学コアを基に、領域モデル (SCALE-RM) との物理過程モジュールの共通化や他の惑星大気計算など、より幅広い応用を目指して開発が進められている大気大循環モデルである。我々はSCALE-GMに、火星大気用の定数や放射・地表面過程などの物理モジュールを組み込んだ火星版SCALE-GMを開発している。開発は、既存の汎惑星大気大循環モデルDCPAM (https://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/) の火星物理モジュールを移植する形で進めている。なおDCPAMは静力学平衡を仮定した方程式系をスペクトル法で解く、伝統的な全球大気モデルである。

本研究ではまず、DCPAM物理モジュールのうち、火星大気放射モデル (Forget et al., 1999) と土壌モデルを移植し、テスト計算として鉛直1次元大気と土壌の温度変化を確認した。大気は鉛直100層 ($\Delta z = 1$ km)、ダストは光学的厚さ0.2の固定分布とし、土壌は18層、熱容量 9.7×10^5 [J K^{-1} kg^{-1}]、熱伝導率0.076 [W m^{-1} K^{-1}] とした。地表アルベドは0.2とし、地表面フラックスはBH91B95 (Beljaars & Holstang, 1991; Beljaars, 1995)、鉛直拡散はMY2.5 (Mellor & Yamada, 1982) で計算した。初期値は200 Kの等温静止大気・土壌とし、SCALE-GMとDCPAMで同様の時間発展が計算されることを確認した。

次に、火星的設定下における高解像度3次元計算のテストと解像度依存性の確認を兼ねて、水平解像度の異なる以下の7ケースの計算を実施した。水平格子間隔は、$240\times(1/2)^n$ [km] (n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6; 以下同じ) であり、最小時は3.75 kmである。サブグリッドスケールの乱流拡散を表す水平渦拡散は3次のラプラシアンで与え、その最小スケールに対する緩和時間は、$100\times(1/2)^n$ [s] とした。大気の鉛直層数は36とし、地表付近ほど層間隔が狭くなるように配置した。モデル上端での波の反射を防ぐため、高度 40 kmより上空に1次のラプラシアンで擾乱を潰すスポンジ層を設置した。その最小スケールに対する緩和時間は $3600\times(1/4)^n$ [s] とした。ただし計算の都合上$\Delta x = 3.75$ kmのときは、3 sとした。時間積分には4段4次のルンゲクッタ法を用い、時間刻み幅 $360\times(1/2)^n$ [s] で計算した。地表アルベドは0.5とした。地形および凝結過程は導入していな

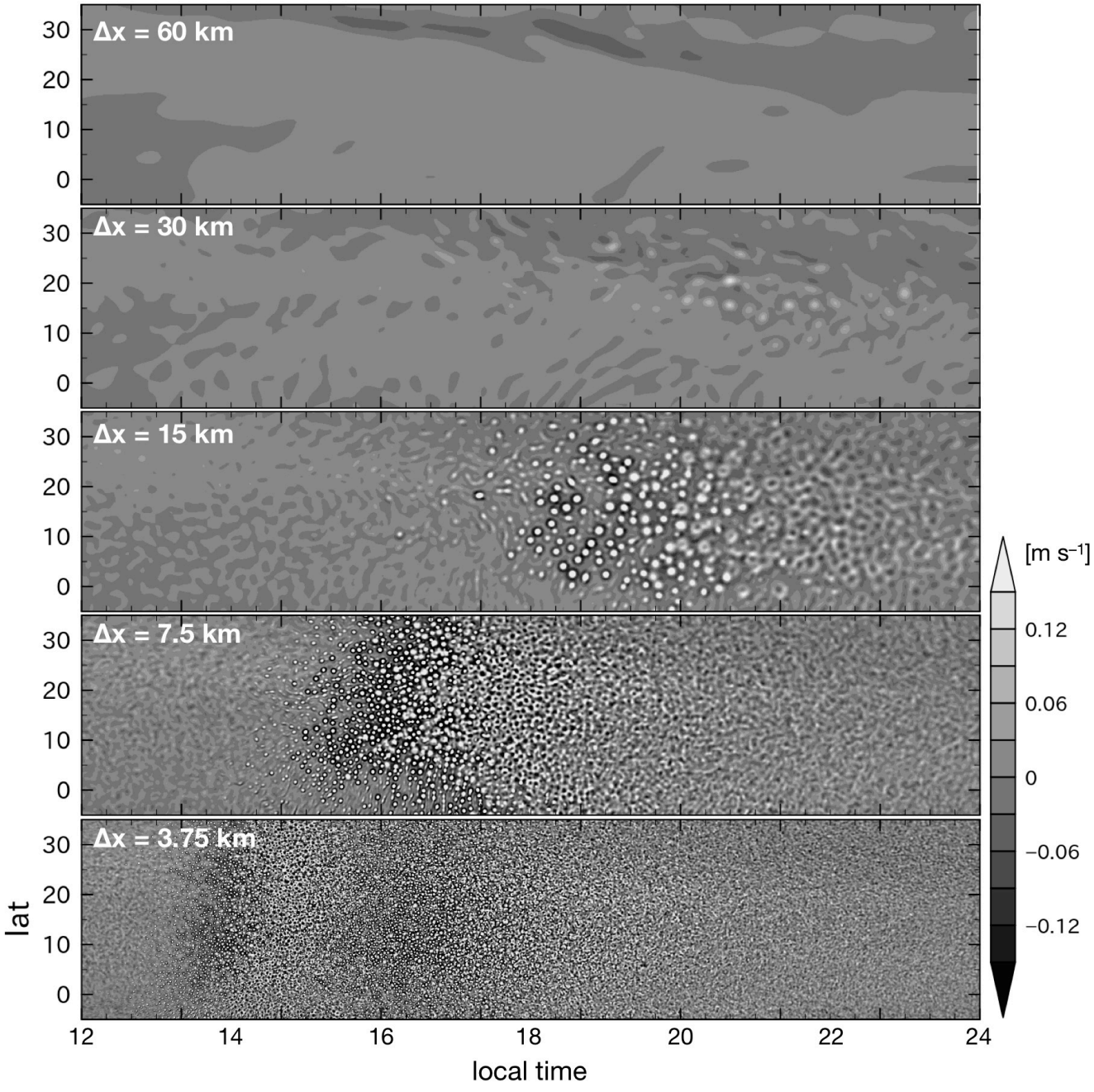
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

い。

計算の結果、水平格子間隔が30 km以上の場合、日周期加熱に伴う鉛直対流は明瞭には現れなかったが、15 km以下の場合には、鉛直対流が表現された。また、鉛直対流の規模・発生時刻は、今回計算した範囲では解像度に制約されていることが確認された。

（図：高度2 kmの鉛直流の解像度依存性．北半球春分から30日後の瞬間場）

キーワード：火星、大気、全球、非静力学、高解像度シミュレーション、モデル開発
Keywords: Mars, atmosphere, global, non-hydrostatic, high-resolution simulation, model development



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤乱流場中のダストの衝突付着成長シミュレーション
Numerical simulations on the collision, adhesion, and growth of dust particles in turbulent gas in a protoplanetary disk

*石原 卓[1]、濱端 航平[2]、櫻井 幹記[2]、梅村 雅之[3]
*Takashi Ishihara[1], Kohei Hamabata[2], Yoshiki Sakurai[2], Masayuki Umemura[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 名古屋大学工学研究科、3. 筑波大学計算科学センター
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 3. Center for Computational Sciences, University of Tsukuba

In a protoplanetary disk, dust grains, which are icy or rocky microscopic particles, are present at about one percent of gas mass. The dust grains collide and adhere with each other to grow in size repeatedly in turbulent gas of a protoplanetary disk. Planetesimals are widely believed to form as a consequence of this hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in a protoplanetary disk. However, it has been argued that there are several physical barriers such as bouncing and radial drift barriers in the planetesimal formation process, and these remain unresolved, especially for silicate dust. In recent years, as a possible solution to these problems, the effect of turbulent clustering of dust grains has been attracting attentions.

In previous studies, it was pointed out that the clustering of particles by turbulence promotes adhesion growth (Pan et al, ApJ2011), and the statistics such as the collision velocity of dust particles in turbulent flow were investigated by a direct numerical simulation (DNS) of turbulence, solving the Navier–Stokes equations (Pan and Padoan, ApJ 2015). Recently, a series of large-scale DNSs of turbulence was conducted to study the velocity distribution of colliding particles in the turbulent flow and the dependence on flow nonlinearity (Reynolds number) (Ishihara et al, ApJ2018). However, numerical simulations on the coagulation process of dust particles were not performed. Therefore, whether dust grains grow hierarchically has not been clarified.

In this study, we developed a parallel code (using MPI and OpenMP) to simulate the collisional adhesion process of dust particles, in which the critical collision velocity (Wada et al, A & A, 2013) is taken into account, and investigated the adhesion processes of 512^3 dust particles using a large-scale DNS of turbulence.
As a result, we have found the following by the analyses of the obtained data:
(1) Dust particles collides with each other within the critical collision velocity preferentially at positions with smaller enstrophy (intensity of vorticity), while dust particles collide with the critical or higher collision velocity at positions with larger enstrophy.
(2) Even if the average collision speed exceeds the critical collision velocity, the collisions within the critical collision velocity can occur repeatedly, and thus rapidly growing dust grains do exist.
(3) The sticking probability of dust particles directly obtained by our simulations is larger than that estimated by the previous DNS data analysis (Ishihara et al ApJ 2018).
(4) The Reynolds number dependence of the dust motion for grains with long stopping time (the response time to flow change) is very weak. Hence, even in protoplanetary disk turbulence with much larger Reynolds number, the same growth process as in this study is expected.

The reasons and implication of the above results will be discussed by conducting the additional data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

analysis.

キーワード：原始惑星系円盤、微惑星形成、ダストの衝突付着シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disk, Planetesimal formation, Numerical simulations on the collision, adhesion, and growth of dust particles

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Particle-Particle Particle-Tree法を用いた惑星系形成のN体計算コードの開発

Development of N-body Simulation Code for Planetary System Formation With Particle-Particle Particle-Tree Scheme

*石城 陽太[1,4]、小南 淳子[2]、牧野 淳一郎[3]、藤本 正樹[4]
*Yota Ishigaki[1,4], Junko Kominami[2], Junichiro Makino[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京大学、2. 東京工業大学、3. 理化学研究所計算科学研究機構、4. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所
1. University of Tokyo, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. RIKEN AICS, 4. Institite of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

一般に，惑星系は，中心星を取り巻く原始惑星系円盤から形成したと考えられている．特に，固体惑星やガス惑星のコアは，原始惑星系円盤内でkmサイズの天体(微惑星)の集積により形成したとされている．微惑星の集積過程は，主に微惑星系の重力多体計算(N体計算)によって議論されている．また，従来の惑星系形成標準理論にも様々な未解決問題が指摘されており，近年，それらの問題を解決するために様々な惑星系形成モデルが提唱されている．しかし，これらの新しいモデルにも問題点のないものは存在しない．また，十分な粒子数のN体計算が行われていないため，汎惑星系形成論となるモデルは未だ構築されていない．

本研究では，惑星系形成シミュレーションのためのparticle-particle particle-tree (P^3T)法を用いた新しいN体計算コード，GPLUMの開発を行った．GPLUMでは，カットオフ半径より近距離の粒子間の重力相互作用を4次エルミート法で計算し，それより遠距離の粒子間重力相互作用をツリー法を用いて計算する．また，従来のP3T法を用いたコードでは，系内の粒子について質量比が大きくつくと計算速度が低下するという問題があるが，GPLUMでは，カットオフ半径を粒子間の相互作用ごとに質量と軌道長半径に基づいて定める新たなアルゴリズムを実装することで，従来のP3T法コードの問題点を解決している．GPLUMの性能は，従来のP^3T法コードと比較して，大きな質量比のついた質量分布を持つ粒子系のシミュレーションに対しては大幅に改善される．

N体計算コードの性能を改善することにより，惑星系形成過程の大域的なシミュレーションが可能になる．GPLUMによって，N体計算で~10^6-10^7粒子を扱うことが可能となり，これまでN体計算で扱うことができなかった広範囲，高解像度のN体計算を行うことができる．さらに，計算コストが向上したことで，たくさんの数値実験が可能となり，パラメータスタディによる新たな議論も可能となることが期待される．

キーワード：N体計算、惑星系形成
Keywords: N-body simulation, planetary system formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の起源・進化と環境変動の解明」の現況,
Current status of post-K Exploratory Challenge, computational planetary science

*牧野 淳一郎[1,2]
*Junichiro Makino[1,2]

1. 神戸大学、2. 理研計算科学研究センター
1. Kobe Univ, 2. RIKEN R-CCS

2016 年度から4年間(2年の準備研究+2年の本格研究)のプロジェクトとして、ポスト「京」萌芽的課題「生命を育む惑星の 起源・進化と環境変動の解明」(以下計算惑星)がスタートし、今年度が本格研究フェーズの最終年度となる。本講演では、計算惑星プロジェクトの概要と進捗状況について報告する。

ポスト「京」は2011年度に完成したスーパーコンピューター「京」の後継プロジェクトであり、2021年頃の完成、アプリケーションで「京」の最大100倍の性能を目指している。ポスト「京」で推進する科学的課題として、重点9課題と萌芽的4課題が選定されているが、萌芽的課題の1つに惑星科学があり、その実施は神戸大学を代表機関とし、9研究機関からなる体制で進めることとなった。これが計算惑星プロジェクトである。

計算惑星プロジェクトは、4つのサブ課題からなり、それぞれ主に惑星形成、惑星内部・表層のダイナミクスと進化、太陽活動による地球環境変動、原始太陽系における物質進化と生命起源をテーマとする。本講演では各サブ課題の概要、準備研究の成果、計算科学的なチャレンジ、これまでの成果と今後の展開等をまとめる。

キーワード：高性能計算、計算科学
Keywords: High Performance Computing, Computational Science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4]
*Junko Kominami[1], Shigeru Ida[1], Junichiro Makino[2], Yota Ishigaki[5], Hiroshi Daisaka[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京工業大学、2. 神戸大学、3. 一橋大学、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Kobe University, 3. Hitotsubashi University, 4. JAXA, 5. Tokyo University

Most of the past N-body simulations started from initial conditions that were limited to radially narrow disks, for the limit of the particle number. However, several senarios have been proposed to expain the formation of Solar System, which includes the migration of planets radially with tens of AU. Hence, in order to construct the general formation scenario, we need to carry out simulations which cover the whole disk (~0.5AU - 40AU). We carried out the N-body simulation starting from planetesimal disk ranging from 0.5 - 40 AU. Surface density discontinuity at the ice line and the runaway gas accretion of the gas giant planets were included in the simulation. The initial number of particles was ~570000. Further investigation carrying out more simulations using different parameters are necessary. Here we introduce the first simulation that covers wide area of the disk.

キーワード：N体計算、太陽系、微惑星集積
Keywords: N-body simulation, Solar System, planetesimal accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み
Attempts at numerical modeling of 3-D mantle convection with magmatism and plate tectonics

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2]
*Masanori Kameyama[1,2], Masaki Ogawa[3,2], Takehiro Miyagoshi[2], Takatoshi Yanagisawa[2]

1. 国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Tokyo at Komaba

We are developing 3-D numerical models of mantle convection including the effects of mantle magmatism and plate tectonics, in order to deepen the insights into the thermo-chemical evolution of the mantles of terrestrial bodies. The mantle magmatism is modeled by the generation of liquid phase (magma) owing to the pressure-release melting induced by ascending flows of solid-state convection and the motion of the generated magma as a permeable flow through the solid matrix driven by a buoyancy due to the density difference between the solid and the liquid phases. The coherent motion of tectonic plates is, on the other hand, helped by the narrow zones of low viscosity within the highly viscous "lithosphere" along the top cold surface generated by the stress-history-dependent rheology. However, despite their crucial roles in controlling the overall flow structures, these two mechanisms are incompatible with the solid-state convection of the mantle in essence from the numerical aspects: the localized irregularities caused by them severely deteriorate the large-scale numerical solution of solid-state convection particularly by the multigrid method. In this presentation, we will show the current status and outcrops of our attempts to overcome the numerical difficulty, together with some examples of 3-D experiments running on massive (super)computers.

キーワード：岩石惑星、マントルダイナミクス、マントル内火成活動、プレートテクトニクス
Keywords: rocky planets, mantle dynamics, mantle magmatism, plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流
Surface zonal flows induced by anelastic thermal convection in a rapidly rotating spherical shell

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4]
*Youhei SASAKI[1], Shin-ichi Takehiro[2], Keiichi ISHIOKA[3], Takeshi Enomoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科数学教室、2. 京都大学数理解析研究所、3. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4. 京都大学防災研究所
1. Department of Mathematics, Kyoto University, 2. Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

木星型惑星(木星・土星)表層大気の力学的な特色である縞状パターンはこれまでに多くの大気科学研究者の関心を引いてきたが、現在のところ、これらの特徴を矛盾なく整合的に説明できる満足な力学的描像と理解は得られてはいない。本研究は、スーパーコンピュータを用いて、全球規模から微細規模対流までにわたる空間スケールを統一的にあつかう大規模数値計算を実行し、従来の数値モデルでは表現できなかった微細規模の対流や乱流の構造を解像し、木星型惑星大気に見られる表面流の大規模構造の力学的成因を解明することを目指している。

この目的のために、今回われわれは深さ方向の密度成層を考慮した回転球殻非弾性系熱対流モデルを構築し、その大規模並列化を行った。スペクトル変換ライブラリを緯度方向に加えて動径方向にもMPI並列を可能にすべく改良した。その結果、これまで緯度方向格子点数によって制限されていた並列処理の限界を伸ばすことに成功し、より大規模な並列計算が可能となった。

このように構築した回転球殻非弾性系熱対流モデルを用いて先行研究の一つである Gastine et al.(2014) の Case2 を追試し、さらに元論文よりも長時間の時間積分を実行した。その結果、時間積分が粘性拡散時間程度に短い場合には元論文と整合的な表面帯状流分布が得られたが、より長く積分すると高緯度の順行帯上流が発達し目立ってくる結果が得られた。 このことは、先行研究で得られている帯状流分布が統計的平衡状態でないことを示唆している。

キーワード：木星型惑星、非弾性系
Keywords: Jovian planets, anelastic system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア
Protostellar flares driven by accretion in protoplanetary disks

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3]
*Shinsuke Takasao[1], Kengo Tomida[2], Shinsuke Takasao[2], Takeru Suzuki[3]

1. 名古屋大学、2. 大阪大学、3. 東京大学
1. Nagoya University, 2. Osaka University, 3. University of Tokyo

X線観測から原始星は激しい爆発を頻発していることが知られており、惑星形成のビルディングブロックとなるコンドリュールの形成などに重要だという議論がある。その爆発現象は原始星フレアと呼ばれており、X線の光度曲線の振る舞いなどは太陽フレアと似ていることから太陽フレアと同様に磁気エネルギーを解放する爆発現象だと考えられている。しかしそのエネルギーは太陽フレアの100-100,000倍にも及び、この莫大なエネルギーから推測されるフレアのサイズは星半径を超える可能性がある。したがって、太陽フレアとは異なる機構でエネルギー蓄積が起きていると考えられる。しかしそのエネルギー蓄積機構やフレアの発生過程は未だ謎に包まれている。我々は原始星と降着円盤が相互作用する状況を３次元磁気流体シミュレーションで考察し、原始星フレアの発生機構を調べた。その結果、観測される原始星フレアのエネルギーと整合的な爆発を再現することに成功した。解析の結果、円盤降着が磁束を原始星に集める働きがありそれがフレアのエネルギー蓄積になることを発見した。本講演ではシミュレーション結果をもとに原始星フレアの発生機構について議論する。

キーワード：原始惑星系円盤、フレア
Keywords: protoplanetary disks, flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4]
*Yuto Katoh[1], Keiichiro Fukazawa[2], Takeshi Nanri[3], Yohei Miyake[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 京都大学学術情報メディアセンター、3. 九州大学情報基盤研究開発センター、4. 神戸大学大学院システム情報学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 3. Research Institute for Information Technology, Kyushu University, 4. Graduate School of System Informatics, Kobe University

We have been developing a cross-reference simulation code by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres. We use Advanced Communication Primitives (ACP; http://ace-project.kyushu-u.ac.jp/main/jp/01_overview/) library for the communication among the simulation codes, which enables us to carry out 'strong' cross-reference simulations; the data exchange among simulation codes is conducted by direct memory access, instead of file output as has been used in conventional 'weak' cross-reference simulations. By a series of electron-hybrid and MHD cross-reference simulations, we study the generation and propagation of whistler-mode chorus emissions in the planetary magnetosphere. Chorus emissions are electromagnetic plasma waves commonly observed in planetary magnetospheres and are a group of coherent wave elements changing their frequency in time. While the generation process of chorus has been reproduced by numerical experiments [e.g., Katoh and Omura, GRL 2007a] and has been explained by the nonlinear wave growth theory [Omura et al., JGR 2008, 2009], previous studies revealed similarities and differences of the spectral characteristics of chorus in planetary magnetospheres, which has not been understood yet. In the cross-reference simulations, we use the MHD code for the investigation of the range of variation of the spatial scale of the planetary magnetosphere. The electron hybrid code is used to reproduce the generation process of chorus emissions under the initial conditions provided from the MHD simulations. An electron fluid code [Katoh, 2014] is also used for the study of the propagation of chorus emissions in the meridional plane of the magnetosphere. We describe the simulation models used in the developing code and show their initial results.

キーワード：計算機実験、連成計算、惑星磁気圏
Keywords: numerical experiments, cross-reference simulation, planetary magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用
Radiative transfer calculation for various planetary atmospheres: Application to a general circulation model

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1], George HASHIMOTO[2], Kiyoshi Kuramoto[3], Masaki Ishiwatari[3], Yoshiyuki O. Takahashi[1]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Department of Cosmosciences, Graduate School of Sciences, Hokkaido University

近年数多くの惑星が太陽系外に発見されてきている．そのような惑星たちの表層の環境はどういったものであり，それをもたらす大気循環がどういったものでありうるのか，というのは基本的な問題の一つであると言ってよいだろう．このような問題を扱うための最初のステップはこれらの惑星大気の放射特性を明らかにすることである．今日，いわゆる大気大循環モデルがこれらの惑星の表層環境研究にも用いられるようになってきている．しかし，計算の物理的な鍵となる放射伝達の計算には困難がつきまとっている．その一つは，放射計算，特にそのパラメタ計算には膨大な計算資源が必要になるということである．地球大気とは大きく異なるであろう新たな惑星大気群に対して，地球大気で培ってきた放射計算の全体を追跡再検討し，パラメタ的に別途新たに計算し直さなければならない． 本研究では，パラメタ空間に多様な大気構造をもつであろう系外惑星大気の放射計算を行っていく際の手順を整理し，特に，地球・火星・金星を念頭においたパラメタ空間で計算を実現し，大気大循環モデルに試験的に実装した．

大気循環モデルのための放射過程モデル開発においては，まず，ラインバイライン法によって吸収スペクトルを計算生成しなけらえばならないが， ラインバイライン法では膨大な計算資源を必要とする．我々は，高度方向に分割したMPI計算としてこれを並列計算実装することによりパラメタ生成を実現，計算資源の問題を解決した．地球型惑星の典型的な計算条件のもとでは，用いた層の数は10から100といったところである．計算規模のプロセス数に対するスケーラビリティーは非常によい．検証のために，現在の地球，火星，金星での放射フラックスと放射加熱率を計算した．

次に，このラインバイライン計算で得られた吸収係数を用い，相関K-分布法によって，より少ないバンドを用いた二方向近似放射伝達モデルのためのパラメタセットを生成，計算コストを大幅に削減することにより大気大循環モデルに実装可能な放射伝達モデルとした．発表では，放射フラックスと放射加熱率について，地球・火星・金星の観測，これらに対する他の放射モデルの結果，これらに対する我々の放射モデルの結果を比較提示して，その正当性を見るとともに，モデルに実装して数値計算を実現した例について紹介する．

キーワード：惑星大気、放射伝達、地球，火星，金星
Keywords: planetary atmosphere, radiative transfer, Earth, Mars, Venus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6]
*Yoshiki Sakurai[1], Hitomi Furuya[2], Naoki Kobayashi[1], Takashi Ishihara[3], Naoya Okamoto[4], Kenji Shiraishi[5], Masayuki Umemura[6]

1. 名古屋大学大学院工学研究科、2. 筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、4. 名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6. 筑波大学計算科学研究センター
1. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 2. Doctoral and Master's Programs in Physics, Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, 3. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 4. Center for Computational Science, Graduate School of Engineering, Nagoya University, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 6. Center for Computational Science, University of Tsukuba

Planetesimals are believed to form by hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in turbulent flows in a protoplanetary disk. However, several barriers, e.g., radial drift, bouncing, and fragmentation barriers, in the planetesimal formation process are not completely resolved, especially for silicate dust. To resolve these barriers, it is important to accurately understand the role of turbulence in the coagulation process.

In the Minimum-mass Solar Nebula (MMSN) Model (Hayashi 1981), the Reynolds number (Re) and the Mach number (Ma) of turbulence in protoplanetary disks range Re=10^8~10^11 and Ma=0.01~0.32, respectively. Pan et al. (2011) conducted an approximate simulation of compressible turbulence (Ma~1.0) and showed that turbulent clustering may considerably enhance the particle collision rate. Pan & Padoan (2013, 2014, 2015) and Pan et al.(2014) peformed a direct numerical simulation (DNS) of the Navier–Stokes equations on weakly compressible turbulence (Re~1000 and Ma~0.1) at low Re to study the effect of turbulent clustering. Pan & Padoan (2015) found that the rms relative velocity of particle pairs is smaller by more than a factor of two compared to that by turbulent model (Ormel & Cuzzi 2007). Their studies demonstrated that the turbulent clustering should be taken into account to consider the coagulation process.

Recently, Ishihara et al (2018) performed DNSs of incompressible turbulence at high Re (up to Re=16100) to study the motion of dust particles in turbulence. They showed that the collision statistics of the dust particles with large inertia are not so sensitive to the Reynolds number and confirmed that they are consistent with those by Pan & Padoan or Pan et al at low Re. However, the effect of compressibility of turbulence on the collision statistics is not yet quantitatively investigated.

In this paper, we perform DNSs of incompressible and compressible turbulence with Ma=0.1 and 0.3 and set the ratio of dilatation component (ed) and solenoid component (es) of the mean energy dissipation rate (ed/es) to 0.01 and 0.1 to study quantitatively the effect of compressibility of the inertial particle collision statistics. The motion of inertial particles is characterized by the Stokes number (St=tp/T, where

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

tp is the particle stopping time and T is the time-scale of largest eddies), and we track eight sets of inertial particles with from St=0 to St=0.3. Our results are as follows:

(1) The compressibility of turbulent flow is characterized by both of Ma and ed/es.

(2) In case of Ma=0.3, the local Ma can exceed unity so that shocklets can be generated in the turbulent flow.

(3) The local Mach number is high at positions with higher enstrophy.

(4) In case of Ma=0.1-0.3, relative velocity of colliding particles and collision kernel have weak Mach number dependence but may depend when the value of the ratio of ed/es is large.

Our results show that compressibility considered in protoplanetary disk turbulence has little influence on particle collision statistics.

キーワード：微惑星形成、乱流、慣性粒子
Keywords: planetesimal formation, turbulence, inertial particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

Algorithms to use accelerators effectively with FDPS and performance of applications

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4]
*Daisuke Namekata[1], Masaki Iwasawa[1], Keigo Nitadori[1], Kentaro Nomura[1], Long Wang[3,1], Miyuki Tsubouchi[1], Junichiro Makino[2,1,4]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター、2. 神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3. Helmholtz Institut fu ¨r Strahlen und Kernphysik、4. 東京工業大学 地球生命研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Helmholtz Institut fur Strahlen und Kernphysik, 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

粒子法に基づく数値シミュレーションは、惑星と惑星系の形成・進化を理解する上で重要な役割を果たしてきた。コンピュータの計算能力の向上に伴い、現実をより詳細に理解するため、より大規模なシミュレーションや様々な物理過程を考慮したシミュレーションが行われるようになってきている。

しかしながら、現代のHPCシステム上で効率的に動作するシミュレーションコードを開発することはますます困難になっている。この主な理由は、現代のHPCプラットフォームが非常に複雑であり、このようなプラットフォームを効率的に使用できる複雑なプログラムの開発に多くの努力を費やす必要があるためである。典型的なHPCシステムは、多数の計算ノードを限られた通信帯域幅のネットワークで接続したクラスターである。最も大きなシステムでは、計算ノード数は約10万にも達する。このような大規模システム上でシミュレーションコードを効率的に動作させるためには、極めて良いロードバランスを示し、かつ、必要最小限の通信しか要求しないようなコードの開発が必要となる。近年、大規模HPCシステムのアーキテクチャは、経済的な理由から、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムから演算加速装置ベースのシステム、或いは、異種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムへと移行しつつある。このことは、コード開発をより困難にさせる要因になっている。理由の1つは、多くのアプリケーションにとって、CPUと演算加速装置間の通信帯域幅がボトルネックになることである。コード開発はこのことを考慮して行う必要がある。もうひとつの理由は、CPUと演算加速装置は通常別々のメモリ空間を持っており、より複雑なプログラミングが要求され、また既存のプログラムも利用できないことである。このように、コード開発に必要な時間がますます増えており、研究の停滞を招いている。

このような状況を改善するため、我々はFDPS (Framework for Developing Particle Simulators)と呼ばれるフレームワークを開発してきた。FDPSは、研究者が容易に独自の並列粒子シミュレーションコードを開発することを可能にするものである。 FDPSの基本的な考え方は、研究者が独自の粒子データ構造と粒子間相互作用を定義することができるように、粒子シミュレーション用の並列アルゴリズムの(高度に最適化された)実装を「一般的な」形で提供することである。ユーザーから提供される粒子データ型と相互作用関数とともにコンパイルされたFDPSは、並列計算に必要とされるすべての機能を提供する。これら機能を使うことで、研究者はあたかもラップトップコンピュータで動くような単純な非並列プログラムを書くように並列プログラムを書くことができる。FDPSは、京コンピュータやx86プロセッサを搭載したCrayシステムなどのような、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムで高い性能を示すことがわかっている。バージョン2において、我々は演算加速装置を使う相互作用関数を書くことによって、FDPSを演算加速装置と組み合わせて使えるように拡張した。しかしながら、効率は、CPUと演算加速装置間の通信のレイテンシと帯域幅、及び、相互

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

作用関数と演算加速装置の並列度との間の不一致によって制限され、かなり不十分なものであった。

そこで、我々は、FDPSからGPGPUs (General-purpose computing on graphics processing units)のような演算加速装置をより効率的に使用できるようにするため、ユーザから提供される相互作用関数のインターフェース仕様を見直した。また、CPUと演算加速装置間の通信量、及び、CPU側でのタスクを減らす新しい技術の実装を行った。これらの効果を検証するため、NVIDIA Volta GPGPUを搭載したシステム上で、FDPSを使ったN体シミュレーションコードを作成し、性能測定を実施した。得られた性能は理論ピーク性能の約27%であった。

キーワード：計算科学、ソフトウェア開発、演算加速装置
Keywords: Computational Science, Software development, Accelerators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_49

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4]
*Junko Kominami[1], Shigeru Ida[1], Junichiro Makino[2], Yota Ishigaki[5], Hiroshi Daisaka[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京工業大学、2. 神戸大学、3. 一橋大学、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Kobe University, 3. Hitotsubashi University, 4. JAXA, 5. Tokyo University

Most of the past N-body simulations started from initial conditions that were limited to radially narrow disks, for the limit of the particle number. However, several senarios have been proposed to expain the formation of Solar System, which includes the migration of planets radially with tens of AU. Hence, in order to construct the general formation scenario, we need to carry out simulations which cover the whole disk (~0.5AU - 40AU). We carried out the N-body simulation starting from planetesimal disk ranging from 0.5 - 40 AU. Surface density discontinuity at the ice line and the runaway gas accretion of the gas giant planets were included in the simulation. The initial number of particles was ~570000. Further investigation carrying out more simulations using different parameters are necessary. Here we introduce the first simulation that covers wide area of the disk.

キーワード：N体計算、太陽系、微惑星集積
Keywords: N-body simulation, Solar System, planetesimal accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み
Attempts at numerical modeling of 3-D mantle convection with magmatism and plate tectonics

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2]
*Masanori Kameyama[1,2], Masaki Ogawa[3,2], Takehiro Miyagoshi[2], Takatoshi Yanagisawa[2]

1. 国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Tokyo at Komaba

We are developing 3-D numerical models of mantle convection including the effects of mantle magmatism and plate tectonics, in order to deepen the insights into the thermo-chemical evolution of the mantles of terrestrial bodies. The mantle magmatism is modeled by the generation of liquid phase (magma) owing to the pressure-release melting induced by ascending flows of solid-state convection and the motion of the generated magma as a permeable flow through the solid matrix driven by a buoyancy due to the density difference between the solid and the liquid phases. The coherent motion of tectonic plates is, on the other hand, helped by the narrow zones of low viscosity within the highly viscous "lithosphere" along the top cold surface generated by the stress-history-dependent rheology. However, despite their crucial roles in controlling the overall flow structures, these two mechanisms are incompatible with the solid-state convection of the mantle in essence from the numerical aspects: the localized irregularities caused by them severely deteriorate the large-scale numerical solution of solid-state convection particularly by the multigrid method. In this presentation, we will show the current status and outcrops of our attempts to overcome the numerical difficulty, together with some examples of 3-D experiments running on massive (super)computers.

キーワード：岩石惑星、マントルダイナミクス、マントル内火成活動、プレートテクトニクス
Keywords: rocky planets, mantle dynamics, mantle magmatism, plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流
Surface zonal flows induced by anelastic thermal convection in a rapidly rotating spherical shell

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4]
*Youhei SASAKI[1], Shin-ichi Takehiro[2], Keiichi ISHIOKA[3], Takeshi Enomoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科数学教室、2. 京都大学数理解析研究所、3. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4. 京都大学防災研究所
1. Department of Mathematics, Kyoto University, 2. Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

木星型惑星(木星・土星)表層大気の力学的な特色である縞状パターンはこれまでに多くの大気科学研究者の関心を引いてきたが、現在のところ、これらの特徴を矛盾なく整合的に説明できる満足な力学的描像と理解は得られてはいない。本研究は、スーパーコンピュータを用いて、全球規模から微細規模対流までにわたる空間スケールを統一的にあつかう大規模数値計算を実行し、従来の数値モデルでは表現できなかった微細規模の対流や乱流の構造を解像し、木星型惑星大気に見られる表面流の大規模構造の力学的成因を解明することを目指している。

この目的のために、今回われわれは深さ方向の密度成層を考慮した回転球殻非弾性系熱対流モデルを構築し、その大規模並列化を行った。スペクトル変換ライブラリを緯度方向に加えて動径方向にもMPI並列を可能にすべく改良した。その結果、これまで緯度方向格子点数によって制限されていた並列処理の限界を伸ばすことに成功し、より大規模な並列計算が可能となった。

このように構築した回転球殻非弾性系熱対流モデルを用いて先行研究の一つである Gastine et al.(2014) の Case2 を追試し、さらに元論文よりも長時間の時間積分を実行した。その結果、時間積分が粘性拡散時間程度に短い場合には元論文と整合的な表面帯状流分布が得られたが、より長く積分すると高緯度の順行帯上流が発達し目立ってくる結果が得られた。 このことは、先行研究で得られている帯状流分布が統計的平衡状態でないことを示唆している。

キーワード：木星型惑星、非弾性系
Keywords: Jovian planets, anelastic system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア
Protostellar flares driven by accretion in protoplanetary disks

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3]
*Shinsuke Takasao[1], Kengo Tomida[2], Shinsuke Takasao[2], Takeru Suzuki[3]

1. 名古屋大学、2. 大阪大学、3. 東京大学
1. Nagoya University, 2. Osaka University, 3. University of Tokyo

X線観測から原始星は激しい爆発を頻発していることが知られており、惑星形成のビルディングブロックとなるコンドリュールの形成などに重要だという議論がある。その爆発現象は原始星フレアと呼ばれており、X線の光度曲線の振る舞いなどは太陽フレアと似ていることから太陽フレアと同様に磁気エネルギーを解放する爆発現象だと考えられている。しかしそのエネルギーは太陽フレアの100-100,000倍にも及び、この莫大なエネルギーから推測されるフレアのサイズは星半径を超える可能性がある。したがって、太陽フレアとは異なる機構でエネルギー蓄積が起きていると考えられる。しかしそのエネルギー蓄積機構やフレアの発生過程は未だ謎に包まれている。我々は原始星と降着円盤が相互作用する状況を３次元磁気流体シミュレーションで考察し、原始星フレアの発生機構を調べた。その結果、観測される原始星フレアのエネルギーと整合的な爆発を再現することに成功した。解析の結果、円盤降着が磁束を原始星に集める働きがありそれがフレアのエネルギー蓄積になることを発見した。本講演ではシミュレーション結果をもとに原始星フレアの発生機構について議論する。

キーワード：原始惑星系円盤、フレア
Keywords: protoplanetary disks, flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4]
*Yuto Katoh[1], Keiichiro Fukazawa[2], Takeshi Nanri[3], Yohei Miyake[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 京都大学学術情報メディアセンター、3. 九州大学情報基盤研究開発センター、4. 神戸大学大学院システム情報学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 3. Research Institute for Information Technology, Kyushu University, 4. Graduate School of System Informatics, Kobe University

We have been developing a cross-reference simulation code by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres. We use Advanced Communication Primitives (ACP; http://ace-project.kyushu-u.ac.jp/main/jp/01_overview/) library for the communication among the simulation codes, which enables us to carry out 'strong' cross-reference simulations; the data exchange among simulation codes is conducted by direct memory access, instead of file output as has been used in conventional 'weak' cross-reference simulations. By a series of electron-hybrid and MHD cross-reference simulations, we study the generation and propagation of whistler-mode chorus emissions in the planetary magnetosphere. Chorus emissions are electromagnetic plasma waves commonly observed in planetary magnetospheres and are a group of coherent wave elements changing their frequency in time. While the generation process of chorus has been reproduced by numerical experiments [e.g., Katoh and Omura, GRL 2007a] and has been explained by the nonlinear wave growth theory [Omura et al., JGR 2008, 2009], previous studies revealed similarities and differences of the spectral characteristics of chorus in planetary magnetospheres, which has not been understood yet. In the cross-reference simulations, we use the MHD code for the investigation of the range of variation of the spatial scale of the planetary magnetosphere. The electron hybrid code is used to reproduce the generation process of chorus emissions under the initial conditions provided from the MHD simulations. An electron fluid code [Katoh, 2014] is also used for the study of the propagation of chorus emissions in the meridional plane of the magnetosphere. We describe the simulation models used in the developing code and show their initial results.

キーワード：計算機実験、連成計算、惑星磁気圏
Keywords: numerical experiments, cross-reference simulation, planetary magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用
Radiative transfer calculation for various planetary atmospheres: Application to a general circulation model

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1], George HASHIMOTO[2], Kiyoshi Kuramoto[3], Masaki Ishiwatari[3], Yoshiyuki O. Takahashi[1]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Department of Cosmosciences, Graduate School of Sciences, Hokkaido University

近年数多くの惑星が太陽系外に発見されてきている．そのような惑星たちの表層の環境はどういったものであり，それをもたらす大気循環がどういったものでありうるのか，というのは基本的な問題の一つであると言ってよいだろう．このような問題を扱うための最初のステップはこれらの惑星大気の放射特性を明らかにすることである．今日，いわゆる大気大循環モデルがこれらの惑星の表層環境研究にも用いられるようになってきている．しかし，計算の物理的な鍵となる放射伝達の計算には困難がつきまとっている．その一つは，放射計算，特にそのパラメタ計算には膨大な計算資源が必要になるということである．地球大気とは大きく異なるであろう新たな惑星大気群に対して，地球大気で培ってきた放射計算の全体を追跡再検討し，パラメタ的に別途新たに計算し直さなければならない． 本研究では，パラメタ空間に多様な大気構造をもつであろう系外惑星大気の放射計算を行っていく際の手順を整理し，特に，地球・火星・金星を念頭においたパラメタ空間で計算を実現し，大気大循環モデルに試験的に実装した．

大気循環モデルのための放射過程モデル開発においては，まず，ラインバイライン法によって吸収スペクトルを計算生成しなけらえばならないが， ラインバイライン法では膨大な計算資源を必要とする．我々は，高度方向に分割したMPI計算としてこれを並列計算実装することによりパラメタ生成を実現，計算資源の問題を解決した．地球型惑星の典型的な計算条件のもとでは，用いた層の数は10から100といったところである．計算規模のプロセス数に対するスケーラビリティーは非常によい．検証のために，現在の地球，火星，金星での放射フラックスと放射加熱率を計算した．

次に，このラインバイライン計算で得られた吸収係数を用い，相関K-分布法によって，より少ないバンドを用いた二方向近似放射伝達モデルのためのパラメタセットを生成，計算コストを大幅に削減することにより大気大循環モデルに実装可能な放射伝達モデルとした．発表では，放射フラックスと放射加熱率について，地球・火星・金星の観測，これらに対する他の放射モデルの結果，これらに対する我々の放射モデルの結果を比較提示して，その正当性を見るとともに，モデルに実装して数値計算を実現した例について紹介する．

キーワード：惑星大気、放射伝達、地球，火星，金星
Keywords: planetary atmosphere, radiative transfer, Earth, Mars, Venus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6]
*Yoshiki Sakurai[1], Hitomi Furuya[2], Naoki Kobayashi[1], Takashi Ishihara[3], Naoya Okamoto[4], Kenji Shiraishi[5], Masayuki Umemura[6]

1. 名古屋大学大学院工学研究科、2. 筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、4. 名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6. 筑波大学計算科学研究センター
1. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 2. Doctoral and Master's Programs in Physics, Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, 3. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 4. Center for Computational Science, Graduate School of Engineering, Nagoya University, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 6. Center for Computational Science, University of Tsukuba

Planetesimals are believed to form by hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in turbulent flows in a protoplanetary disk. However, several barriers, e.g., radial drift, bouncing, and fragmentation barriers, in the planetesimal formation process are not completely resolved, especially for silicate dust. To resolve these barriers, it is important to accurately understand the role of turbulence in the coagulation process.

In the Minimum-mass Solar Nebula (MMSN) Model (Hayashi 1981), the Reynolds number (Re) and the Mach number (Ma) of turbulence in protoplanetary disks range Re=10^8~10^11 and Ma=0.01~0.32, respectively. Pan et al. (2011) conducted an approximate simulation of compressible turbulence (Ma~1.0) and showed that turbulent clustering may considerably enhance the particle collision rate. Pan & Padoan (2013, 2014, 2015) and Pan et al.(2014) peformed a direct numerical simulation (DNS) of the Navier–Stokes equations on weakly compressible turbulence (Re~1000 and Ma~0.1) at low Re to study the effect of turbulent clustering. Pan & Padoan (2015) found that the rms relative velocity of particle pairs is smaller by more than a factor of two compared to that by turbulent model (Ormel & Cuzzi 2007). Their studies demonstrated that the turbulent clustering should be taken into account to consider the coagulation process.

Recently, Ishihara et al (2018) performed DNSs of incompressible turbulence at high Re (up to Re=16100) to study the motion of dust particles in turbulence. They showed that the collision statistics of the dust particles with large inertia are not so sensitive to the Reynolds number and confirmed that they are consistent with those by Pan & Padoan or Pan et al at low Re. However, the effect of compressibility of turbulence on the collision statistics is not yet quantitatively investigated.

In this paper, we perform DNSs of incompressible and compressible turbulence with Ma=0.1 and 0.3 and set the ratio of dilatation component (ed) and solenoid component (es) of the mean energy dissipation rate (ed/es) to 0.01 and 0.1 to study quantitatively the effect of compressibility of the inertial particle collision statistics. The motion of inertial particles is characterized by the Stokes number (St=tp/T, where

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

tp is the particle stopping time and T is the time-scale of largest eddies), and we track eight sets of inertial particles with from St=0 to St=0.3. Our results are as follows:

(1) The compressibility of turbulent flow is characterized by both of Ma and ed/es.

(2) In case of Ma=0.3, the local Ma can exceed unity so that shocklets can be generated in the turbulent flow.

(3) The local Mach number is high at positions with higher enstrophy.

(4) In case of Ma=0.1-0.3, relative velocity of colliding particles and collision kernel have weak Mach number dependence but may depend when the value of the ratio of ed/es is large.

Our results show that compressibility considered in protoplanetary disk turbulence has little influence on particle collision statistics.

キーワード：微惑星形成、乱流、慣性粒子
Keywords: planetesimal formation, turbulence, inertial particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

Algorithms to use accelerators effectively with FDPS and performance of applications

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4]
*Daisuke Namekata[1], Masaki Iwasawa[1], Keigo Nitadori[1], Kentaro Nomura[1], Long Wang[3,1], Miyuki Tsubouchi[1], Junichiro Makino[2,1,4]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター、2. 神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3. Helmholtz Institut fu ¨r Strahlen und Kernphysik、4. 東京工業大学 地球生命研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Helmholtz Institut fur Strahlen und Kernphysik, 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

粒子法に基づく数値シミュレーションは、惑星と惑星系の形成・進化を理解する上で重要な役割を果たしてきた。コンピュータの計算能力の向上に伴い、現実をより詳細に理解するため、より大規模なシミュレーションや様々な物理過程を考慮したシミュレーションが行われるようになってきている。

しかしながら、現代のHPCシステム上で効率的に動作するシミュレーションコードを開発することはますます困難になっている。この主な理由は、現代のHPCプラットフォームが非常に複雑であり、このようなプラットフォームを効率的に使用できる複雑なプログラムの開発に多くの努力を費やす必要があるためである。典型的なHPCシステムは、多数の計算ノードを限られた通信帯域幅のネットワークで接続したクラスターである。最も大きなシステムでは、計算ノード数は約10万にも達する。このような大規模システム上でシミュレーションコードを効率的に動作させるためには、極めて良いロードバランスを示し、かつ、必要最小限の通信しか要求しないようなコードの開発が必要となる。近年、大規模HPCシステムのアーキテクチャは、経済的な理由から、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムから演算加速装置ベースのシステム、或いは、異種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムへと移行しつつある。このことは、コード開発をより困難にさせる要因になっている。理由の1つは、多くのアプリケーションにとって、CPUと演算加速装置間の通信帯域幅がボトルネックになることである。コード開発はこのことを考慮して行う必要がある。もうひとつの理由は、CPUと演算加速装置は通常別々のメモリ空間を持っており、より複雑なプログラミングが要求され、また既存のプログラムも利用できないことである。このように、コード開発に必要な時間がますます増えており、研究の停滞を招いている。

このような状況を改善するため、我々はFDPS (Framework for Developing Particle Simulators)と呼ばれるフレームワークを開発してきた。FDPSは、研究者が容易に独自の並列粒子シミュレーションコードを開発することを可能にするものである。 FDPSの基本的な考え方は、研究者が独自の粒子データ構造と粒子間相互作用を定義することができるように、粒子シミュレーション用の並列アルゴリズムの(高度に最適化された)実装を「一般的な」形で提供することである。ユーザーから提供される粒子データ型と相互作用関数とともにコンパイルされたFDPSは、並列計算に必要とされるすべての機能を提供する。これら機能を使うことで、研究者はあたかもラップトップコンピュータで動くような単純な非並列プログラムを書くように並列プログラムを書くことができる。FDPSは、京コンピュータやx86プロセッサを搭載したCrayシステムなどのような、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムで高い性能を示すことがわかっている。バージョン2において、我々は演算加速装置を使う相互作用関数を書くことによって、FDPSを演算加速装置と組み合わせて使えるように拡張した。しかしながら、効率は、CPUと演算加速装置間の通信のレイテンシと帯域幅、及び、相互

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

作用関数と演算加速装置の並列度との間の不一致によって制限され、かなり不十分なものであった。

そこで、我々は、FDPSからGPGPUs (General-purpose computing on graphics processing units)のような演算加速装置をより効率的に使用できるようにするため、ユーザから提供される相互作用関数のインターフェース仕様を見直した。また、CPUと演算加速装置間の通信量、及び、CPU側でのタスクを減らす新しい技術の実装を行った。これらの効果を検証するため、NVIDIA Volta GPGPUを搭載したシステム上で、FDPSを使ったN体シミュレーションコードを作成し、性能測定を実施した。得られた性能は理論ピーク性能の約27%であった。

キーワード：計算科学、ソフトウェア開発、演算加速装置
Keywords: Computational Science, Software development, Accelerators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)

火山の観測システムは、国レベルにおいて特定の火山活動を観測する目的で構築・運用されている。他方、2010年に起こったアイスランドの火山噴火の事例は、被害が国境を超えて広範な地域に及ぶことを示した。このような越境災害による被害を防ぐには、原因物質の発生・拡散・沈着にいたるまでを予測・モニタリングし、その情報を迅速に各国の市民に伝えるための国際協調システムが求められる。本セッションでは、どのようなメカニズムの下で国際的協調システムを構築することができるのかを、防災、火山学、環境学、法学など異なる研究領域から検討する。

[MZZ50-P01] 越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー

*阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[MZZ50-P02] 国境を越えた災害に対する地域協力

*荒木田 勝[1] (1.アジア防災センター)

[MZZ50-P03] Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー
Governance for Trans-boundary Volcanic Disaster -a case of 2010 Eyjafjallajökull Eruption-

*阪本 真由美[1]
*Mayumi Sakamoto[1]

1. 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
1. Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo

大規模噴火が発生すると、被害は国内にとどまらず国を超えて広域に及ぶことがある。2010年4月に発生したアイスランドのエイヤフィヤクトラヨークトル火山の噴火の事例は、越境する被害に対する国際ガバナンスの重要性を示した。アイスランド国内の災害対応は迅速であり、地域住民の早期避難により噴火による人的被害は防ぐことができた。しかしながら、火山灰による航空機の被害を懸念し、ヨーロッパでは航空機の欠航や空港閉鎖等の措置がとられ、国際経済・産業に大きな影響を及ぼした。噴火により示された課題は以下の通りである。

第一に、火山灰の広域拡散に対する国際協調の重要性である。2010年の噴火においては、アイスランドを所管する英国気象庁ロンドン火山灰予報センター（VAAC)がアイスランド気象庁（IMO）から提供される観測情報に基づき、火山灰の拡散予測を行い関係機関に情報を伝達した。IMOとロンドンVAACは噴火を想定した情報共有訓練を実施していたものの、情報伝達のタイミングや頻度について詳細な検討は行われていなかった。火山灰の拡散予測については、発生源となる国と広域観測を行う国との連携を改善するとともに、衛星画像解析や被害が想定される国での実測値に基づき情報を更新する必要がある。

第二に、発生源となったアイスランドにおける観測情報発信の体制である。噴火発生直後より、アイスランドには国内外のマスメディアから噴火に関する多数の問い合わせが相次いだ。迅速に情報を提供するために、アイスランド政府は、国家危機調整指揮センター（NCCCC）に関係省庁の専門情報官から構成される情報チームを設置した。また、国家科学諮問委員会の委員である科学者が情報提供へのサポートを実施し、英語での迅速な情報発信に取り組んだ。このような、国際社会に対する情報発信の仕組みは平常時より検討しておく必要がある。

アイスランドの噴火対応の事例は、各国異なる制度規範において構築・運用されている防災システムでは越境災害には対応が困難であるという課題を提示した。また、越境災害に対応するための条約やレジームは、火山災害の分野においては未整備の状況である。国際的に拡散する被害を軽減するには、発生源となる国、広域的な観測・防災に携わる機関、二次的な被害を被る可能性がある国・機関の間で被害を防ぐためのクライシス・コミュニケーションが求められる。このことは、越境火山災害における予防的アプローチの重要性を示している。

キーワード：越境災害、火山、ガバナンス、エイヤフィヤクトラヨークトル
Keywords: trans-boudary disaster, volcano, governance, Eyjafjallajökull

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

国境を越えた災害に対する地域協力
Regional Cooperation against Cross-border Disasters

*荒木田 勝[1]
*MASARU ARAKIDA[1]

1. アジア防災センター
1. Asian Disaster Reduction Center

国際河川の水害や森林火災の煙害・火山噴出物等、自然災害の影響範囲は国境を越えることから、大規模災害対応の経験共有、捜索救助支援、早期警戒、情報共有、共同教育・訓練、相互援助等地域協力が重要である。

キーワード：越境災害、地域協力
Keywords: cross-border disaster, regional cooperation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1]
*Erika Ishimizu[1], Mayumi Sakamoto[1]

1. 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
1. Graduate School of Disaster Resilience and Governance University of Hyogo

Volcanic alert levels was introduced in Japan in 2007. Thereafter, the level was raised or lowered for several volcanoes, some volcanoes erupted and residents evacuated. Among them, the problem of exploiting volcanic alert levels for evacuation has become clear. In this research, by comparing Japan's warning system with overseas (the United States, Indonesia, New Zealand), we will examine the issues of Japanese volcanic disaster prevention system and future disaster prevention system.
In Japan, several institutions, such as universities and Japan Meteorological Agency (JMA), are conducting observations of volcanic activity. In the volcano where volcanic alert levels is introduced, JMA announces five levels of volcanic alert levels according to the activity of the volcano. Each municipality carries out basic disaster response such as issuance of evacuation information.
In the United States, the United States Geological Survey (USGS) will unite from the observation of a volcano to the announcement of an alarm (4 stages). Basic disaster response is handled by municipalities and counties. If requested, the state government responds, and if it is still difficult, FEMA is asked.
In Indonesia, the Center of Volcanology and Geological Hazard Mitigation (PVMBG) classify active volcanoes into three stages, ranging from A to C class, and is conducting observations. When the volcano becomes active, they present four levels of warning level. The basic disaster response such as the issuance of evacuation information is taken by the Regional Disaster Management Agency in Indonesia (BPBD), and the National Agency for Disaster Countermeasure (BNPB) supports this. If evacuation accompanied with level rise but the eruption does not occur, BNPB bears the expenses.
In New Zealand, GNS Science Corporation conducts observation of volcanic activity and issuance of alarm (6 stages).An evacuation information issuance is made by CDEM which is a collaboration body of local public bodies.
This presentation discusses issues of volcanic disaster prevention system in Japan and future disaster prevention system by comparing systems of each country.

キーワード：火山、火山防災体制、噴火警戒レベル
Keywords: volcano, volcanic disaster prevention system , volcanic alert level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_50

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)

火山の観測システムは、国レベルにおいて特定の火山活動を観測する目的で構築・運用されている。他方、2010年に起こったアイスランドの火山噴火の事例は、被害が国境を超えて広範な地域に及ぶことを示した。このような越境災害による被害を防ぐには、原因物質の発生・拡散・沈着にいたるまでを予測・モニタリングし、その情報を迅速に各国の市民に伝えるための国際協調システムが求められる。本セッションでは、どのようなメカニズムの下で国際的協調システムを構築することができるのかを、防災、火山学、環境学、法学など異なる研究領域から検討する。

[MZZ50-P01] 越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー

*阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

[MZZ50-P02] 国境を越えた災害に対する地域協力

*荒木田 勝[1] (1.アジア防災センター)

[MZZ50-P03] Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1] (1.兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)

越境火山災害をめぐるガバナンスー2010年エイヤフィヤクトラヨークトル山噴火の事例よりー
Governance for Trans-boundary Volcanic Disaster -a case of 2010 Eyjafjallajökull Eruption-

*阪本 真由美[1]
*Mayumi Sakamoto[1]

1. 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
1. Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo

大規模噴火が発生すると、被害は国内にとどまらず国を超えて広域に及ぶことがある。2010年4月に発生したアイスランドのエイヤフィヤクトラヨークトル火山の噴火の事例は、越境する被害に対する国際ガバナンスの重要性を示した。アイスランド国内の災害対応は迅速であり、地域住民の早期避難により噴火による人的被害は防ぐことができた。しかしながら、火山灰による航空機の被害を懸念し、ヨーロッパでは航空機の欠航や空港閉鎖等の措置がとられ、国際経済・産業に大きな影響を及ぼした。噴火により示された課題は以下の通りである。

第一に、火山灰の広域拡散に対する国際協調の重要性である。2010年の噴火においては、アイスランドを所管する英国気象庁ロンドン火山灰予報センター（VAAC)がアイスランド気象庁（IMO）から提供される観測情報に基づき、火山灰の拡散予測を行い関係機関に情報を伝達した。IMOとロンドンVAACは噴火を想定した情報共有訓練を実施していたものの、情報伝達のタイミングや頻度について詳細な検討は行われていなかった。火山灰の拡散予測については、発生源となる国と広域観測を行う国との連携を改善するとともに、衛星画像解析や被害が想定される国での実測値に基づき情報を更新する必要がある。

第二に、発生源となったアイスランドにおける観測情報発信の体制である。噴火発生直後より、アイスランドには国内外のマスメディアから噴火に関する多数の問い合わせが相次いだ。迅速に情報を提供するために、アイスランド政府は、国家危機調整指揮センター（NCCCC）に関係省庁の専門情報官から構成される情報チームを設置した。また、国家科学諮問委員会の委員である科学者が情報提供へのサポートを実施し、英語での迅速な情報発信に取り組んだ。このような、国際社会に対する情報発信の仕組みは平常時より検討しておく必要がある。

アイスランドの噴火対応の事例は、各国異なる制度規範において構築・運用されている防災システムでは越境災害には対応が困難であるという課題を提示した。また、越境災害に対応するための条約やレジームは、火山災害の分野においては未整備の状況である。国際的に拡散する被害を軽減するには、発生源となる国、広域的な観測・防災に携わる機関、二次的な被害を被る可能性がある国・機関の間で被害を防ぐためのクライシス・コミュニケーションが求められる。このことは、越境火山災害における予防的アプローチの重要性を示している。

キーワード：越境災害、火山、ガバナンス、エイヤフィヤクトラヨークトル
Keywords: trans-boudary disaster, volcano, governance, Eyjafjallajökull

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

国境を越えた災害に対する地域協力
Regional Cooperation against Cross-border Disasters

*荒木田 勝[1]
*MASARU ARAKIDA[1]

1. アジア防災センター
1. Asian Disaster Reduction Center

国際河川の水害や森林火災の煙害・火山噴出物等、自然災害の影響範囲は国境を越えることから、大規模災害対応の経験共有、捜索救助支援、早期警戒、情報共有、共同教育・訓練、相互援助等地域協力が重要である。

キーワード：越境災害、地域協力
Keywords: cross-border disaster, regional cooperation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Issues of Japan's volcanic disaster prevention system as viewed from overseas alert systems

*石水 英梨花[1]、阪本 真由美[1]
*Erika Ishimizu[1], Mayumi Sakamoto[1]

1. 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科
1. Graduate School of Disaster Resilience and Governance University of Hyogo

Volcanic alert levels was introduced in Japan in 2007. Thereafter, the level was raised or lowered for several volcanoes, some volcanoes erupted and residents evacuated. Among them, the problem of exploiting volcanic alert levels for evacuation has become clear. In this research, by comparing Japan's warning system with overseas (the United States, Indonesia, New Zealand), we will examine the issues of Japanese volcanic disaster prevention system and future disaster prevention system.
In Japan, several institutions, such as universities and Japan Meteorological Agency (JMA), are conducting observations of volcanic activity. In the volcano where volcanic alert levels is introduced, JMA announces five levels of volcanic alert levels according to the activity of the volcano. Each municipality carries out basic disaster response such as issuance of evacuation information.
In the United States, the United States Geological Survey (USGS) will unite from the observation of a volcano to the announcement of an alarm (4 stages). Basic disaster response is handled by municipalities and counties. If requested, the state government responds, and if it is still difficult, FEMA is asked.
In Indonesia, the Center of Volcanology and Geological Hazard Mitigation (PVMBG) classify active volcanoes into three stages, ranging from A to C class, and is conducting observations. When the volcano becomes active, they present four levels of warning level. The basic disaster response such as the issuance of evacuation information is taken by the Regional Disaster Management Agency in Indonesia (BPBD), and the National Agency for Disaster Countermeasure (BNPB) supports this. If evacuation accompanied with level rise but the eruption does not occur, BNPB bears the expenses.
In New Zealand, GNS Science Corporation conducts observation of volcanic activity and issuance of alarm (6 stages).An evacuation information issuance is made by CDEM which is a collaboration body of local public bodies.
This presentation discusses issues of volcanic disaster prevention system in Japan and future disaster prevention system by comparing systems of each country.

キーワード：火山、火山防災体制、噴火警戒レベル
Keywords: volcano, volcanic disaster prevention system , volcanic alert level

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[E] 口頭発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-ZZ その他

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | 304 3F

[M-ZZ50] 越境火山災害をめぐるガバナンス

コンビーナ:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)、荒木田 勝(アジア防災センター)、座長:阪本 真由美(兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科)、中道 治久(京都大学防災研究所)、荒木田 勝(アジア防災センター)

火山の観測システムは、国レベルにおいて特定の火山活動を観測する目的で構築・運用されている。他方、2010年に起こったアイスランドの火山噴火の事例は、被害が国境を超えて広範な地域に及ぶことを示した。このような越境災害による被害を防ぐには、原因物質の発生・拡散・沈着にいたるまでを予測・モニタリングし、その情報を迅速に各国の市民に伝えるための国際協調システムが求められる。本セッションでは、どのようなメカニズムの下で国際的協調システムを構築することができるのかを、防災、火山学、環境学、法学など異なる研究領域から検討する。

15:30 ~ 15:35

Introduction

15:35 ~ 15:50

[MZZ50-01] The development of the European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems after 2010 Eyjafjallajokull eruption - from the perspective of European Union law -

*荒島 千鶴[1] (1.神戸学院大学)

15:50 ~ 16:05

[MZZ50-02] Preparing for volcanic disasters: Risk communication issues when dealing with international tourists.

★Invited Papers

*Ana Maria Cruz Naranjo[1]、Giuseppe Aliperti[1] (1.Kyoto University Disaster Prevention Research Institute)

16:05 ~ 16:20

[MZZ50-03] Mitigation of volcanic hazard in Sakurajima, Japan, through the coordinating committee and through communication with the public

*中道 治久[1] (1.京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

16:20 ~ 16:35

[MZZ50-04] An experimental forecasting technique for the ash hazard from Sakurajima volcano, Japan

*Alexandros Panagiotis Poulidis[1]、Tetsuya Takemi[1]、Masato Iguchi[1] (1.Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

16:35 ~ 16:50

[MZZ50-05] 宇宙技術の早期警報への応用と越境型災害への効果的な対応

★招待講演

*鈴木 弘二[1] (1.アジア防災センター、神戸大学都市安全研究センター)

16:50 ~ 17:00

[MZZ50-06] Discussion -Research Framework for Trans-boudary Disaster

*Mayumi Sakamoto[1] (1.Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo)

The development of the European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems after 2010 Eyjafjallajokull eruption - from the perspective of European Union law -

*荒島 千鶴[1]
*Chizu Arashima[1]

1. 神戸学院大学
1. KOBE GAKUIN UNIVERSITY

The eruption of Icelandic volcano Eyjafjallajokull in 2010 caused huge international air traffic disturbances and left significant economic and social damages to the international society. The lesson learned from the disaster is that not only the estimates by Volcanic Ash Advisory Centre (VAAC) but also the on-going observations are needed to estimate the concentration more accurately. These observations are carried out by various volcanic observatory institutions. They play key roles in reducing/preventing possible economic, environmental, health or social damages caused by such trans-boundary volcanic disaster, by providing key scientific information and interpretation during eruption crises. To address the fragmentation of scientific data and make use of scientific information, the European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems to share information should be established on a sufficient financial basis.
At present, European Network of Observatories and Research Infrastructures for Volcanology (EUROVOLC) is coordinated by Icelandic Meteorological Office with 16 other partners from 7 European countries. EUEOVOLC is a 3-year project from February 1 2018 and is funded by the European Commission of the European Union (EU) under “Horizon 2020” with 5 million Euros. Horizon 2020 - the Framework Programme for Research and Innovation (2014-2020) was established by REGULATION (EU) No 1291/2013. Its Article 7 provides association of third countries to Horizon 2020. Associated countries include European Free Trade Association members, including Iceland. Therefore, EUROVOLC is funded by the EU. Horizon 2020 falls under the areas of research, technological development and space where the EU has shared competence with the Member States and the EU “shall have competence to carry out activities, in particular to define and implement programmes; however, the exercise of that competence shall not result in Member States being prevented from exercising theirs” (Article 4(3) of the Treaty on the Functioning of the European Union (TFEU)).
Concerning natural disasters, the 2007 Treaty of Lisbon introduced new provisions of TFEU. They are included both in the areas of civil protection under PART THREE UNION POLICIES AND INTERNAL ACTIONS of TFEU and humanitarian aid under PART FIVE THE UNION'S EXTERNAL ACTION of TFEU. Disaster prevention is provided in the former, as Article 196(1) of TFEU provides that “(t)he Union shall encourage cooperation between Member States in order to improve the effectiveness of systems for preventing and protecting against natural or man-made disasters”. Civil protection is the area where “(t)he Union shall have competence to carry out actions to support, coordinate or supplement the actions of the Member States” (Article 6 of TFEU).
For the implementation, the Directorate-General for European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations (ECHO) of the European Commission plays the role. Under ECHO, there is EU Civil Protection Mechanism (UCPM). It was established by DECISION No 1313/2013/EU. Iceland is a participating state of the UCPM. UCPM is not at present a forum to establish a European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems. However, it is worthy to note that Proposal for a DECISION amending Decision No 1313/2013/EU in 2017 acknowledges that disaster prevention efforts are crucial to limit the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

need for crisis and emergency support. It proposes that UCPM "shall support, complement and facilitate coordination of Member States' action" "to increase the availability and use of scientific knowledge on disasters". It also proposes that the Commission shall "take actions to improve the knowledge base on disaster risks and facilitate the sharing of knowledge, the results of scientific research, best practices and information, including among Member States that share common risks".
At present, the European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems is financially supported by project-based funds of Horizon 2020. However, if the Proposal is adopted and the importance of sharing scientific information in disaster prevention is recognized, more opportunity and regular financial support to develop European collaborative mechanism of volcanic monitoring systems may be given.

キーワード：EU、EU市民保護メカニズム、EUROVOLC、エイヤフィヤトラヨークトル火山、防災、火山噴火
Keywords: European Union, EU civil protection mechanism, EUROVOLC, Eyjafjallajokull, disaster prevention, volcanic eruption

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Preparing for volcanic disasters: Risk communication issues when dealing with international tourists.

*Ana Maria Cruz Naranjo[1], Giuseppe Aliperti[1]

1. Kyoto University Disaster Prevention Research Institute

This paper provides insights on the risk communication behavior of international tourists visiting Japan. The study builds on the premise that even if tourism-oriented risk communication has been strongly investigated, tourists' risk information seeking and processing has been under-investigated. We thus explore risk information seeking and processing of international tourists in Japan. Japan has been selected as a case study for several reasons. First, the level of exposure of the country to natural hazards, such as volcanic eruptions, tsunamis, earthquakes, and typhoons, is high. Second, due to the increasing presence of tourists in recent years, the number of people exposed to disaster-related risk in Japan has also drastically increased. In the case of a major volcanic eruption with disruption to air traffic, the provision of risk information to tourists already in Japan, as well as those preparing to travel is of critical importance. The overall aim of the study consists on providing cross-country evidence to inform risk-communication strategies and improve tourists' disaster preparedness. In order to investigate the tourists' perspective, we adopted the Risk Information Seeking and Processing (RISP) model.

Keywords: risk communication, tourists, disasters

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Mitigation of volcanic hazard in Sakurajima, Japan, through the coordinating committee and through communication with the public

*中道 治久[1]
*Haruhisa Nakamichi[1]

1. 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター
1. Sakurajima Volcano Research Center, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The Sakurajima Volcanological Observatory, at present the Sakurajima Volcano Research Center (SVRC), was founded in 1960 as a part of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, following the request from local governments and residents of the volcanic area. The SVRC contributes to society by releasing scientific results and knowledge on volcanic hazard to the public, as well as by advising national and local governments on hazard mitigation strategies. Volcano experts are required to issue a warning when a volcanic eruption is ongoing or imminent. The SVRC evaluates volcanic activity using observational data. It communicates and interacts often with local government offices, such as the ones in Kagoshima Prefecture, Kagoshima City, Tarumizu City, local branches of ministries of the national government, the Osumi Office of Rivers and National Highways (OORNH), and the Kagoshima Local Meteorological Office (KLMO). The SVRC and these offices work in close cooperation. For example, the meeting of the Coordinating Committee for Hazard Mitigation of Sakurajima Volcano has been taking place regularly every two months since 2006. The purpose of the Coordinating Committee is to share up-to-date observational results, to cooperate and to examine special topics to respond in terms of hazard mitigation in case of volcanic eruptions of the Sakurajima. The KLMO provides information on the volcanic activity of the Sakurajima as necessary, on the basis of the continuous observation and monitoring conducted in cooperation with the SVRC, OORNH, and other relevant bodies.

The Kyoto University has research facilities located across Japan, and organizes open-doors weeks at these facilities, i.e. the “KYODAI Weeks”, every year in October and November. As a part of this event, the SVRC opens not only the observatory, but also an underground observation tunnel to the public, so that the visitors can understand the instrumentation employed to monitor volcanic phenomena. We installed a group of PC displays at the Sakurajima Visitor Center in March 2017 to show real-time seismic and ground deformation data to the general public visiting Sakurajima. In addition, we explained to “volcano guides” how to interpret these monitoring data, so that they can explain these data from the point of view of volcanology to the general public in a straightforward manner.

キーワード：火山災害、火山防災連絡会、観測データ表示、施設公開
Keywords: Volcano Hazard, Coordinating Committee, Monitoring Data Display, Doors Open

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An experimental forecasting technique for the ash hazard from Sakurajima volcano, Japan

*Alexandros Panagiotis Poulidis[1], Tetsuya Takemi[1], Masato Iguchi[1]

1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Introduction

The long-lasting activity from Sakurajima volcano introduces hazardous amounts of volcanic ash into the atmosphere, adversely affecting the surrounding areas (e.g. Biass *et al.* (2017), Poulidis *et al.*, (2018)), making accurate localized forecasts a necessity. Here, we present initial results from an experimental forecasting methodology carried out by the Sakurajima Volcanological Observatory (SVO), Kyoto University, focusing on three points: *(i)* high resolution (333m mesh), *(ii)* use of Eruption Source Parameters (ESPs) that are derived from geophysical signals (Iguchi, 2016) and allow for a proactive forecasting approach, and *(iii)* use of dedicated models in order to properly represent the plume structure.

Forecast Methodology

A combined modelling approach is presented: Japan Meteorological Agency (JMA) forecast data are dynamically downscaled to 333m using the Weather Research and Forecasting (WRF) model (Skamarock and Klemp, 2008), while the FALL3D volcanic ash transport and deposition (VATD) model (Folch *et al.*, 2009) is used for the introduction of the plume and dispersal modelling. A quasi-online coupling approach is used here, with WRF data output every 10mins so that the resolved variablity in the wind fields is well-represented in the ash dispersal simulations. In order to study the sensitivity of results to the timing relative to eruption, a total of 5 pseudo-forecast simulations were carried out using data up to 13 hours before the eruption.

June 16, 2018 Eruption

Sakurajima erupted at 0719 JST (JST=UTC+9), June 16 2018, with a reported plume height of 4700 m above the vent. Deposition occurred west and southwest of the volcano, reaching the southern coast of the Satsuma peninsula. Ashfall locations were reported by the JMA, while the SVO carried out a post-eruption survey to collect samples. A comparison of disdrometer observations (which measure airborne ash size) and ground deposits suggest the presence of large aggregates (e.g. Bagheri *et al.*, (2016)), a fact that needs to be accounted for in order to have successful simulations.

Forecast Simulation Results and Conclusions

Initially, a control simulation was carried out using the final mass discharge rate output. Although qualitatively similar to the JMA ash forecast, it offered two key improvements: *(i)* ash deposition over the volcano occured along a narrow path, correctly reproducing the observed pattern, and *(ii)* the observed area of maximum ashfall (>1 mm deposit thickness) was reproduced correctly at a distance from the vent, over the southwestern shore of the volcano.

Forecast time sensitivity simulations showed consistent ash dispersal patterns. Simulation results using forecast data up to 10 hours before the eruption time were qualitatively similar. Up to 4 hours before the eruption, the observation to estimate ratios for the two disdrometers were constrained to factor of 4, allowing for the proposed methodology to be confidently used in forecast timescales.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

References
Bagheri *et al.* (2016) *J. Volcanol. Geophys. Res.*
Biass *et al.* (2017) *Bull. Volcanol.*
Folch *et al.* (2009) *Comput. Geosci.*
Iguchi (2016) *J. Disaster. Res.*
Poulidis *et al.* (2018) *Atmos. Environ.*
Skamarock and Klemp (2008) *J. Comput. Phys.*

Keywords: Ash dispersal, Hazard forecasting, Sakurajima, FALL3D, Weather Research and Forecasting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

宇宙技術の早期警報への応用と越境型災害への効果的な対応
Utilization of Space Technology for Early Warning and Efficiently Response Against Transboundary Disaster

*鈴木 弘二[1]
*Koji Suzuki[1]

1. アジア防災センター、神戸大学都市安全研究センター
1. Asian Disaster Reduction Center, Research Center for Urban Safety and Security Kobe University

センチネル・アジアの枠組みを通じて宇宙技術は災害リスクの軽減に貢献している。この枠組みでは、これまでほぼリアルアイムで宇宙からの観測・解析情報をオンラインで提供してきたが、緊急対応や災害後の復興計画策定や事業を効率的にするだけではなく、早期警報の発出にもスコープを拡大しようとしている。アジア地域の８つの宇宙機関がアジア各国に衛星データを提供し、緊急対応、地図作成、災害被害の評価、復旧・復興に貢献している。これに加えて日本が開発した準天頂衛星”みちびき”を利用することによって、拡声器やスマホを通じて早期警報を伝達することができるようになった。

キーワード：Space-based technology、Sentinel Asia、QZSS、Early warning message platform、Transboudary disaster
Keywords: Space-based technology, Sentinel Asia, QZSS, Early warning message platform, Transboudary disaster

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discussion -Research Framework for Trans-boudary Disaster

*Mayumi Sakamoto[1]

1. Graduate School of Disaster Resilience and Governance, University of Hyogo

Volcanic disaster occurred in one country may cause different environmental or health effect in other country. In order to mitigate direct or secondary effect caused by eruption, it is important to discuss international collaborative mechanism to share information and take necessary measures. In this session, we discuss about how to establish a research framework for trans-boudary volcanic disaster.

Keywords: governance, trans-boudary, volcano, disaster

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.