2019年5月28日(火)

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

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

[P-PS06] 惑星科学

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

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

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

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

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

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

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

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

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

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

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

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

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

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

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

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

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

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

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

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

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

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

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

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

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

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

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

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

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

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

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

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

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

[P-PS06] 惑星科学

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

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

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

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

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

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

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

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

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

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

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

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

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

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

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

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

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

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

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

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

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

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

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

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

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

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

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

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

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

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

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

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

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

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

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

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

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

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

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

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

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

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

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

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

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

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

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

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

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

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

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

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

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

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

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

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

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

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

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

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

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

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

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

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

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

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

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

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

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

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

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

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

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

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

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

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

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

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

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

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

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

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

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

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

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

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

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

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

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

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

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

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学　農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学　農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] **Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan**

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] **Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques**

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] **Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan**

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] **Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques**

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部 地質研究所)

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部 地質研究所)

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 －伊豆大島火山の不均質構造の推定－

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 －伊豆大島火山の不均質構造の推定－

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学 地域強靱化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学　、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_31

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学 地域強靱化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学　、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタン

ト)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上

★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタン

ト)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上

★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats-integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats-integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_43

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] **リュウグウ母天体の水-岩石反応**

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_44

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] **リュウグウ母天体の水-岩石反応**

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_46

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_48

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_49

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

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

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

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

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

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

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

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

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

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

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

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

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

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

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

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

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

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

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

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

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

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

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

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

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

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

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

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

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

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

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

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

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

The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1], Fang-shii Ning[1]

1. National Chengchi University

Geocenter motion describes the difference of Center of Figure (CF) respect to Center of Mass of the Earth system (CM) due to the mass re-distribution and deformation of the Earth system. This is a factor that cannot be ignored in the maintenance of the high-precision terrestrial reference frame. As precision requirements and application demands in space geodesy increase, research on estimation of the geocenter motion become increasingly important as the key point to realize a reference frame with its origin fixed to the center of mass of the Earth system. In this study, GPS (Global Positioning System) observation data from IGS (International GNSS Service) and SLR (Satellite Laser Ranging) tracking data in the period of 2007 to 2016 are applied to estimate the coordinates of IGS sites on Earth’ s surface by using the GAMIT/GLOBK and Bernese software. Then, the Helmert transformation model is used to acquire seven parameters between the ITRF (International Terrestrial Reference Frame) reference frame and the CM reference frame. There are three parameters of them are related to the shift in three axes, which are the results of the geocenter motion. Afterwards, the geocenter motion time series are applied with the linear fitting method in order to obtain the amplitudes and phases along three axes of geocenter motion. The annual amplitude of X-, Y-, and Z- components between the years 2007and 2016 are 2.6± 0.2 mm, 4.1±0.2 mm, and 5.6±0.3mm respectively. The annual phase of X-, Y-, and Z- components are 72˚, 330˚, and 145˚ respectively. The accuracy of this study is significant improvement comparing to just using GPS or SLR technique only.

Keywords: Geocenter motion, Global Positioning System, Satellite Laser Ranging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化
Evolution of Pluto's surface albedo due to sublimation and condensation of ice

*松井 弥志[1]、木村 淳[1]
*Hisashi Matsui[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

2015年、冥王星に接近した探査機ニューホライズンズの観測によって、冥王星表面にH_2O, N_2, CH_4, COの氷が共存することや、その表面に氷の量の違いによる強い明暗のコントラストがあることが明らかになった。しかし、その明暗分布の起源については、いまだ明らかになっていない。

木星や土星の衛星における反射率変化を扱った先行研究では、日射による氷の昇華が氷天体表面の反射率変化に影響することが示されている。さらに冥王星はを主成分とする大気を持つことから、大気からの凝結も反射率に影響すると思われる。

このように、昇華や凝結などの氷の振る舞いが、冥王星表面の反射率変化に大きく影響している可能性がある。しかしこれまでのところ、その定量的な考察は行われていない。

そこで本研究では、冥王星表面の明暗分布の起源を探ることを目的として、様々な氷の昇華・凝結といった振る舞いと、表面の反射率の変化の関係を数値シミュレーションを用いて調べた。

モデルでは、明るい氷と暗い非氷物質が均一に混ざって存在し、その体積比に従った反射率を持つ表面状態を仮定した。続いて緯度ごとの日射量の変化と熱慣性を用いて表面温度を計算し、その温度における蒸気圧と大気圧の差から氷の昇華量を見積もった。昇華した氷は大気として存在し、表面温度が凝固点を下回った時には、大気から再凝結し表面に沈着する効果も考慮した。その上で、微小隕石衝突などによって表面が継続的に混合されると考えられる深さまでに含まれる氷と非氷物質の体積比から、次の時間ステップの表面の反射率を計算した。この過程を繰り返し計算することで、冥王星表面の反射率の時間変化を調べた。

その結果、巨大衝突のような特定のイベントを考えなくても、自転軸の大きな傾きから生じる緯度ごとの日射量の違いによって、現在の冥王星表面に見られる反射率分布の傾向を説明できる可能性があることが分かった。

キーワード：冥王星、反射率
Keywords: Pluto, Albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Origin of the moon, Reason why Moon is always facing to Earth, Origin of Moon Sea, reasons why there is no Ocean behind Moon

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

太陽系で，惑星起源の謎を検証する方法（進化の創造的推論）は，物理的に意味のある仮説を用いて，進化の複数結果を全て統一的に説明できる事であり，一度しか起きない進化を利用した検証と云える.

初期条件も不明で，再現実験の出来ない現状から，起源への**ミッシングリンク**を推測する由一の方法手ある.

月の起源（２０１４ U０６-P２４），でマルチインパクト仮説のモデルで月形成の必然起源説を述べた.

追加として，木星大赤斑の起源，小惑星帯の起源，地球分化隕石の起源，地球深海洋底の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，冥王星の起源，ダイヤモンドパイプの起源，コア偏芯の起源も述べた、

新たに月が常に地球を向いている起源，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由は,右下の図の様に射出された地球マントルは内部程密度か大きく,月が偏芯することで表側に重い玄武岩が多く溶融カバーした地殻に隕石衝突して月の海が形成された.裏側に隕石が落ちても同じ地殻物質なら変化がない.地球と月の共通重心の周りを巴回転すると常に重い側を中心(地球)に向けて公転する.もちちろん地球は誕生から自転しており,衝突により更に加速し回転している.

Y. Toda and Y.阿部は、特別なメカニズムは不要であり表側と裏側の**ランダムな衝突数N**の差として説明でき,その結果として地殻のアンシンメトリーの確立後に月の潮汐ロックが起きる仮説[2]を述べている。しかし,そのN数差の原因を述べていないので結果論に過ぎない。

今までの月起源仮説は,*分化した火星が恣意的な角度と速度で偶然の衝突でマントルだけの月が,地球半径Reの三倍の軌道位置に形成されたシミュレーションデあった.*

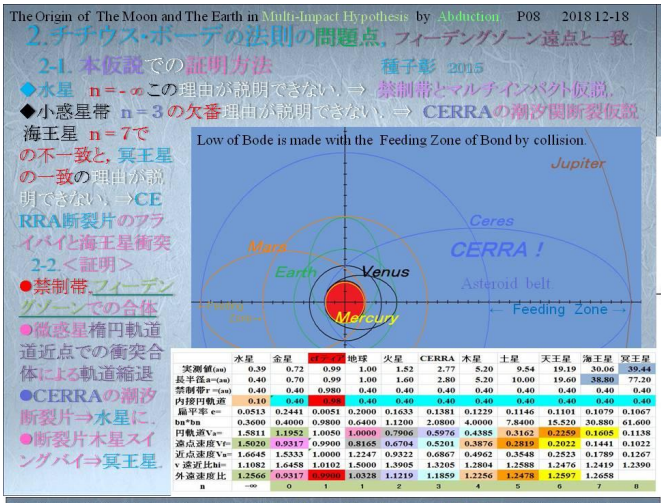
このマルチインパクト仮説ではボーデの法則で小惑星帯位置に形成された火星サイズの分化した原始惑星が,その外側に形成された木星の重力による摂動で,木星近点側に偏平化したCERRAが,太陽と木星の引力等分点で断裂し**シューメーカーレビ彗星の様にトレーンマントル偏烈片と成り**楕円軌道を周回する.地球軌道との交点で地球に時間差衝突する.此の時の角度と速度は計算できて,最初の衝突で太平洋と偏芯した月が,現在の月軌道エネルギー60・Reの位置に形成される.木星に衝突した破片は大赤斑と成り,破片のマントルは小惑星帯の起源と成った、アイソスタシーで**深さ五kmの深海洋底**の起源と成り,複数の衝突は生物種大絶滅の起源と成った.**テチス海形成**の高緯度衝突は,地軸傾斜と駆動方向の急変とプレート移動の引き金と成り,南極大陸は地軸のセンターに移動して不変と成った.環太平洋弧状列島と背弧海盆も**アイソスタシー**で説明できる.

一度だけの進化の結果を**一つの仮説モデル**で*約17項目の現状*を統一的に説明できる事は, **進化の必然結果**を用いて, **ミッシング・リンク**を検証できたと云える. より良い**仮説**が示されるまでは, **暫定モデルとしてはベスト**と思われる. 以上、

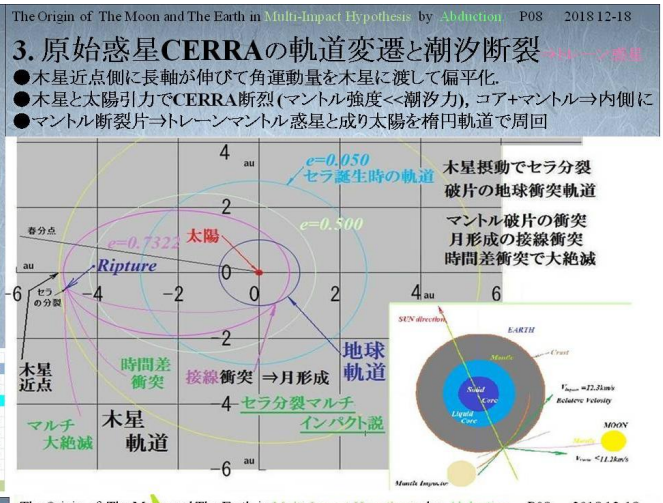
S-CG61,U-08,S-SS12,**P-PS06**,P-PS07 にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

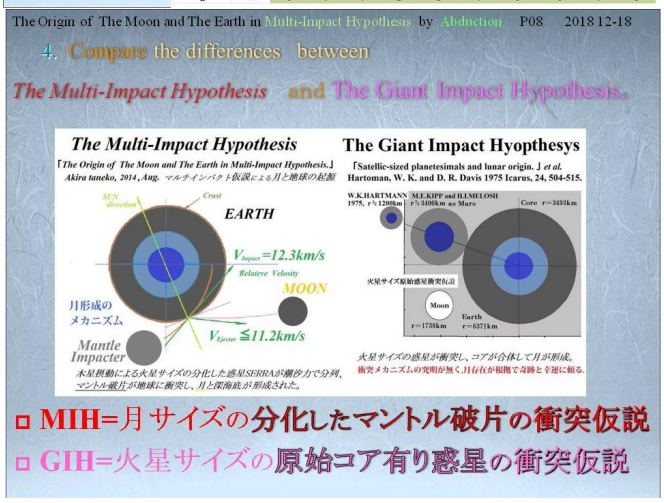
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

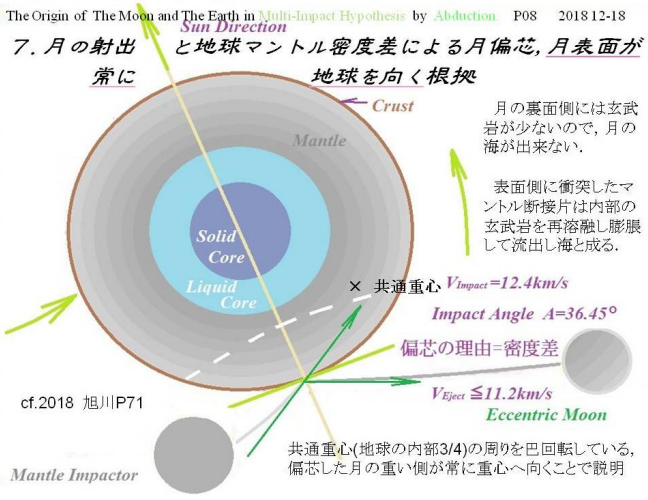
キーワード：月の起源、進化の結果を利用したアブダクションによる検証、月が常に地球を向いている起源、月の海の起源、月の裏側に海が無い理由
Keywords: Origin of the moon, Verification by Abduction using evolution results, Origin the moon is always facing the earth, origin of the moon sea, reasons why there is no ocean behind the moon



	水星	金星	地球	火星	CERRA	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
実測値(au)	0.39	0.72	0.99	1.00	1.52	2.77	5.20	9.54	19.19	30.06	39.44
長半径a=(au)	0.40	0.70	0.99	1.00	1.60	2.80	5.20	10.00	19.60	38.80	77.20
禁制帯r =(au)	0.40	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
内接円軌道	0.10	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
扁平率 e=	0.0513	0.2441	0.0051	0.2000	0.1633	0.1381	0.1229	0.1146	0.1101	0.1079	0.1067
bn*bn	0.3600	0.4000	0.9800	0.6400	1.1200	2.0800	4.0000	7.8400	15.520	30.880	61.600
円軌道$V_{n=}$	1.5811	1.1952	1.0050	1.0000	0.7906	0.5976	0.4385	0.3162	0.2259	0.1605	0.1138
遠点速度$V_{F=}$	1.5020	0.9317	0.9900	0.8165	0.6704	0.5201	0.3876	0.2819	0.2022	0.1441	0.1022
近点速度$V_{n=}$	1.6645	1.5333	1.0000	1.2247	0.9322	0.6867	0.4962	0.3548	0.2523	0.1789	0.1267
v 遠近比h=	1.1082	1.6458	1.0102	1.5000	1.3905	1.3205	1.2804	1.2588	1.2476	1.2419	1.2390
外速速度比	1.2566	0.9317	0.9900	1.0328	1.1219	1.1859	1.2256	1.2478	1.2597	1.2658
n	-∞	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8







©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果からアブダクションで検証する理論モデルを「マルチインパクト仮説」で，提案，

cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

Proposed the Good model to verifyOrigins of Solar System (Planet, Asteroid belt, Earth, Moon) *with "Multi Impact Hypothesis ",*from 16' results of one time Evolution *by Abduction.*

cf. Simulation is an example by Abduction from 1.

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

今まで**太陽系の起源の探究**を***帰納法や演繹法***で行ってきたが，**過去まで時間を遡れない為に,真理の探究**は**遅々として進まなかった.** 理論は詳細な実験の結果だけを複数の結果を説明する事で法則を検証してきた．
初期状態は不明で**再現実験の不可能**な**起源仮説の検証**は,現実に***一度限りの進化は起きた***ので，***現状と云う*太陽系の惑星や特に地球や月の複数の特徴**の**全て**を***統一的***に説明するAbductionと云う**方法**で検証できる。

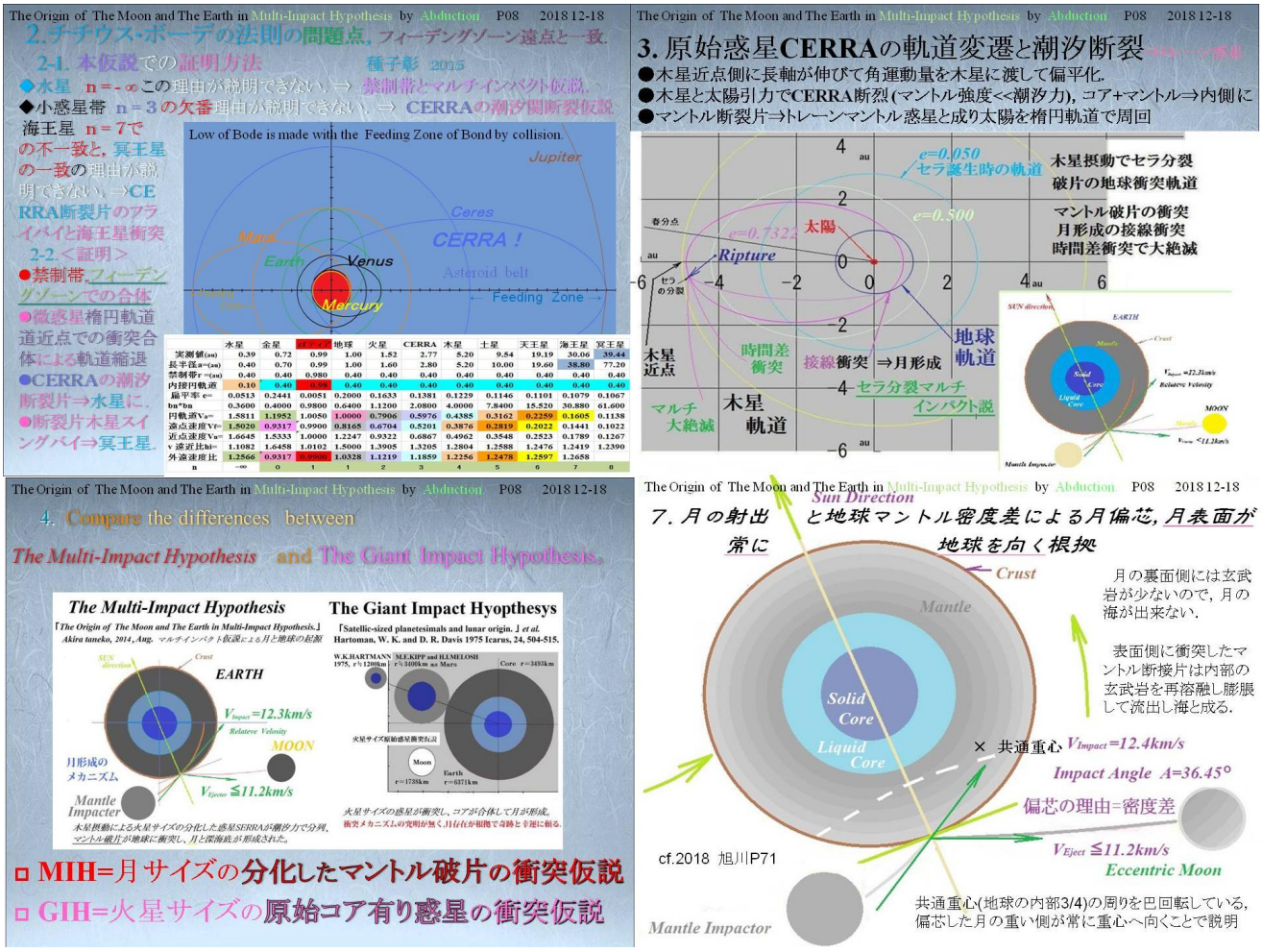
今までの月の起源仮説**「ジャイアントインパクト仮説」**は**マントルだけの月**をつくる**シミュレーション**であり，それ**以外の月の特徴は一つも*説明できなかった.*** アブダクションで云えばN=1の例証でしか無い、
しかし，**「マルチインパクト仮説」**は，**成分がマントルである月の起源**だけでなく，**月の軌道エネルギー**(60・Re)や，**月の偏芯**(常に**表面**が地球を向く)，**月の海の起源，月の裏面**に**海**が無い***理由も説明できた.***

更に月の起源仮説でありながら，**太陽系の他の特徴，小惑星帯の起源**や**分化した地球隕石の起源，地球の海(60%>,5km深さ)の起源，プレート境界の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，環太平洋孤児洋列島と背弧凹海盆の起源，プレート相互の重なりの起源，地軸傾斜の起源，ダイヤモンド鉱山の起源，バンアレン帯偏芯の起源，ティチス海の起源，地軸傾斜の起源，プレート移動方向急変の危険，生物種大絶滅の起源，木星大赤斑の起源，水星コアリッチの起源，冥王星の起源，アルプスとチベット高地の起源，大陸移動説の起源**まで統一的に説明できる事で，アブダクションとして検証できたと云える．特に，アイソスタシーによる平均5kmの深海底形成と，**アセノスフェアによるプレートのエアーホッケー状態は，慣性能率の偏芯による地球プレートの駆動力であり，*CERRA断裂による*CERRAマントル**の**トレーン小惑星**と成り，地球軌道との交点での衝突は，**月の射出と地球マントル欠損**であり，複数の海の起源であり，**生物種大絶滅の起源**でもある．地球マントルの亀裂はプレート境界の起源であり，**環太平洋背弧凹海盆はプレート重なりの起源**でもある．**高緯度衝突は地軸傾斜の起源**であり，***南極大陸が地軸へ収まり不動と成る事***が**駆動力の検証**でもある．
太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を，一度限りの進化の*複数(16)結果*からアブダクションで検証する理論モデルを提案した．特に地球への**衝突速度と角度*(12.4km/s，36.4度)***と**月軌道エネルギー*(60・Re)***を示せたことは特筆に値する．ついでに**フィーデングゾーンとボーデの法則**も示せた．**理論モデル**と**アブダクションの勝利**である．

S-CG61,U-08,S-SS12,P-PS06,**P-PS07** にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：マルチインパクト仮説、アブダクションで検証、太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源、一度限りの進化の複数(16)結果、起源の検証方法
Keywords: Multi Impact Hypothesis, Verify with Abduction, Origin of the Solar System (Planet, Asteroid Belt, Earth, Moon), Multiple (16) results of one time evolution, Method of verifying Origin



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入
Quantitative evaluation of the cumulus convection schemes for the implementation into the Paleo Martian Global Climate Model

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1]
*Katsushige Toriumi[1], Arihiro Kamada[1], Takeshi Kuroda[1,2], Naoki Terada[1], Yasumasa Kasaba[3], Isao Murata[1], Hiromu Nakagawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2. 情報通信開発機構、3. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター
1. Tohoku university, Geophysics, Planetary Atmospheric Physics, 2. NICT, 3. Tohoku university, Geophysics, Planetary Plasma and Atmosperic Research Center

火星では流水活動を示す地形が多数発見され、38億年程度前の火星は液体の水が長期に渡って存在できる環境だったことが示唆されている。一方、当時の太陽放射強度は現在の70-80%程度であったとされ(暗い太陽のパラドックス)、強い温室効果をもつCO_2が2〜7bar程度存在したとしても、流水環境を生み出すために前提となる温暖な環境を維持することは難しいことが幾つかのモデル研究で示されてきた[e.g. *Kasting*, 1991;*Forget et al.*, 2013]。

我々は、太古の海洋存在下における水蒸気や雲による放射効果、土壌熱力学、海洋熱力学、水文過程を考慮に入れた火星古気候モデルを新たに開発し、液体の水が存在可能な温暖な火星環境および大部分の流水地形を再現することに成功してきた[Kamada et al., submitted to Icarus]。しかしこのモデルでは、サバエア大陸の高地などの一部の地域で流水地形が再現されていない。この原因としては、タルシス山地の形成前後による風系の変化、氷河流の未考慮などの要因が考えられる。その中の一つとして、このモデルにおける降水過程は大規模凝結のみを考慮し、積雲対流効果を考慮に入れていないことも考えられる。積雲対流効果は、大気の成層不安定状態を対流活動により解消し、対流性の降水を発生させるため、降水の地域分布と量に影響を与えうる。

本研究では、火星古気候モデルに積雲過程を表現するため、Kain-Fritsch スキーム[*Kain and Fritsch,* 1993]の導入を試みていく。このスキームは、格子中の積雲の効果をひとつの積雲の生成・成長・衰退に代表させて成層不安定性を解消させるものである。地球の大気大循環モデルにおいて広範に用いられている Relaxed Arakawa-Schubert スキーム[*Moorthi and Suarez*, 1991]は、格子中に異なる雲頂をもつ複数の積雲を扱えるが、雲質量フラックスを導出する過程などで地球での観測を考慮した単純化を行っており、このまま古火星に適用できるかは自明ではない。一方でKain-Fritsch スキームは、地球の経験的仮定に依存せず積雲の鉛直構造を直接計算する点で、火星古環境モデルにはより適していると考えられる。このスキームはアンサンブルという点ではRelaxed Arakawa-Schubert スキームには劣るが、将来的に高分解能を目指すのであれば、高分解能で精度の高いこのスキームを導入することには意義があると考える。最終的には、火星古気候モデルを高分解能（鉛直、水平共に）で回し、積雲対流モデルを導入した火星古気候モデルの妥当性、また水蒸気などの大気成分の長期的な輸送やかき混ぜから、流水地形に及ぼす影響を考察していく。

まず、観測データが多く、数値実験に基づいた理解も進んでいる地球の条件を設定したGCMにおいて、Kain-FritchスキームとRelaxed Arakawa-Schubertスキームによる雲構造や、熱収支、降水効果への影響の定量的な比較を行った。ここでの気温や降水量の外観的な結果は、両者で類似したものになると想定されたが、実際の計算結果では雲構造ではKain-Fritchスキームの方が低高度に広範囲の雲ができた。これは両者のデトレインメントの違いによるものであり、Kain-FritchスキームはRelaxed Arakawa-Schubertスキームよりも低高度で多くデトレインメントが起きていることが原因だと考えられる。次いで、このモデルに与える大気圧、大気組成、太陽フラックス、地形などをKamada et al. [submitted to Icarus] で適用した過去火星環境条件（0.5 –2.0 bar のCO_2大気）へ変更し、積雲対流スキームが作り出す雲構造の解析と水蒸気輸送の変化を、積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雲対流スキームがない場合と比較し定性的・定量的に評価する。本講演では、この試行結果の総括および今後の展望について報告する。

キーワード：火星、GCM、バレーネットワーク
Keywords: Mars, GCM, Valley Networks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]
*shinichiro kojima[1], Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2]

1. 大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 北海道大学 創成研究機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Creative Research Institution, Hokkaido University

From spacecraft observations and interior thermal modeling, Ganymede has been expected to possess a global ocean beneath its ice shell. To confirm an existence of the ocean, the JUICE (JUpiter ICy moons Explorer) mission has been prepared by ESA (The European Space Agency) and the spacecraft will be launched in 2022. After arriving at Jupiter system, the JUICE spacecraft is going to make several flybys Europa and Callisto and finally will orbits around Ganymede. During orbiting around Ganymede, the spacecraft will obtain several kinds of scientific data, for instance, surface topography from GALA (GAnymede Laser Altimeter) and surface images from JANUS (camera system). These data will provide important information about the tidal responses of Ganymede.

The tidal responses, e.g., tidal deformation and rotational variation, are caused by the gravitational force of other bodies such as a mother planet. The rotational variation includes libration, obliquity variation, nutation, and precession. In this study, we focus on the libration which is a spin rate variation caused by a torque acted on the aspherical degree-2 order-0 shape of the satellite. The libration changes the centrifugal force of a satellite and affects the tidal deformation. Inversely, tidal deformation affects the aspherical shape of the satellite.

Although Van Hoolst et al. (2013) has modeled the interaction of the tidal deformation and the libration, their tidal deformation models were simplified. In order to estimate an actual libration, we model 5-layered Ganymede interior and use the visco-elastic tidal deformation model constructed by Kamata et al. (2016). Our interior model consists of five layers, which have a homogeneous density and rigidity in each layer. The viscosities of the ocean, the high-pressure ice mantle, the rock mantle and the metallic core are homogeneous in each layer, and the viscosity of the ice shell is not homogeneous and depends on a radial temperature variation.
As a typical case, we use interior parameters which are the ice shell thickness of 155 km, the ice shell density of 940 kg/m^3 , the ocean thickness of 1 km, and the ocean density of 1050 kg/m^3 . Then we also use the three sets of a shell rigidity and a shell viscosity (1) 0.1 GPa and 10^{12} Pas, (2) 0.1 GPa and 10^{17} Pas, and (3) 10 GPa and 10^{17} Pas, respectively. The results for the libration amplitude are 34.1 m, 34.1 m, and 37.5 m respectively. As a conclusion, our calculation of the visco-elastic libration infer that the reference viscosity of ice (temperature-dependent viscosity of ice at a melting point) doesn’ t affect the amplitude of the shell libration. The ice rigidity affects the amplitude of the shell libration of order of a few meters.

キーワード：ガニメデ、潮汐変形、秤動
Keywords: Ganymede, tidal deformation, libration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1]
*Horikawa Kazuhiro[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学理学部
1. Kobe University Faculty of Science

We studied the impact strength of weak brittle materials changing the strength continuously from 40kPa to 800kPa, and found that the impact strength could be well scaled by using the non-dimensional impact strength.

Asteroids are believed to be constructed from various materials based on the long-term study related to meteorites. The components of S-type and C-type asteroids could be composed of chondrules and matrix; the chondrules are sub-mm size glass spherules and the matrix could be micron-size fine grained materials such as phyllosilicates and lithic fragments etc. Moreover, these components could have a wide range of porosity inside because they might be residual pore during the compaction process of planetesimals or relics of water ice or volatiles escaping from these bodies. Impact strength is one of the most important physical properties of asteroids because it could control the evolution of the size-frequency distribution of asteroids at the asteroid belt. The impact strength strongly depends on the asteroid size and it is dominated by the material strength at the size smaller than 100m, so that the impact strength should be determined by the laboratory experiments. Therefore, a lot of research have been conducted for rock, ice, and porous materials to investigate the material dependence, however the impact experiments using the target with the strength continuously changed have been hardly conducted so far. Then, we prepared the targets simulating asteroids composed of chondrules, matrix and pore and changed the internal structure of the target such as matrix ratio and porosity; the tensile strength was changed more than one order of magnitude, then we studied the relationship between the internal structure and the impact strength.

Impact experiments were conducted by using two-stage light gas gun at Kobe University, and we used a polycarbonate projectile with the size of 4.7mm and a nylon projectile with the size of 2mm and they were lunched at the velocity from 0.9km/s to 5.7km/s. The impact was conducted at a head-on collision. A spherical target with the size of 60mm were prepared by using quartz sands with the size of 100 μm and porous gypsum, and they are mixed with various mass ratio of quarts to gypsum from 2:1 to 8:1. The tensile strength of these materials (Y_t) was measured by using Brazilian test and it was found that the tensile strength changed from 40kPa to 800kPa with the increase of the gypsum mass ratio. The impact disruption was observed by a high-speed camera at 10^5fps.

The impact strength (Q*) was determined by using a largest fragment mass for each shot, and Q* was found to change from 400J/kg to 1900J/kg with the increase of the gypsum mass ratio. This means that the Q* is directly proportional to the tensile strength. However, the ejection velocity at an antipodal point (v_a), which was measured by using high-speed images, showed the almost similar results, irrespective of the tensile strength. A non-dimensional impact strength (P_I) is defined as the ratio of the target tensile strength to the antipodal pressure such as P_I=Y_t/P_a, where P_a is calculated by ρ C_b v_a/2. This P_I was proposed to scale the target with the different tensile strength. Then, the relationship between the largest fragment mass and P_I was examined to discuss the P_I scaling law for the catastrophic disruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We found that P_I is able to scale the largest fragment data very well, and this might mean that P_I could be applicable to asteroid components composed of weak brittle materials.

キーワード：衝突破壊、強度、衝突破壊強度
Keywords: collisional disruption, strength, impact strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1]
*Ryosuke Yagi[1], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Planetary Atmospheric Physics Group, Tohoku University, Japan

The purpose of this study is to investigate the evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere. Not only hydrogen and oxygen but also carbon escape to space is considered in this study. The early Martian atmosphere was influenced by a stronger Sun’ EUV radiation than today. The escape parameter, defined as the ratio of the gravitational potential to kinetic energy at a given altitude, could be small enough to allow massive escapes of these species under such a strong radiation. For example, the escape parameter of atomic carbon in the Martian atmosphere was estimated 0.8 times smaller than that of atomic oxygen and both densities at the exobase level were comparable at 4.1 Gyr ago (Tian et al., 2009). Hence, we consider that in early Mars, thermal escape of atomic carbon could be stronger than atomic oxygen, and oxygen dissociated from CO2 was left behind in the atmosphere. Assuming that the escape rates of atomic carbon and atomic oxygen were in the same proportion, we get results that carbon disappeared in 5 Myrs from 1 bar of CO2 atmosphere and only 0.4 bar of oxygen atmosphere remained around 4.2 Gyr ago. On the other hand, it was suggested that the Martian atmosphere about 3.5 Gyr ago could have several mbar or more of oxygen partial pressure(Noda et al., 2018). In the present study, we have developed a 1-D photochemical model of the early Martian atmosphere to investigate the evolution of the atmospheric composition, in particular from 4.2 to 3.5 Gyr ago. This model includes not only the effect of escapes of hydrogen, oxygen and carbon but also that of deposition to surface and degassing. In this presentation, we will show the influence of the atomic carbon escape to the evolution of oxygen partial pressure left behind in the early Martian atmosphere.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1]
*Takumi Nagano[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], masato nakamura[1], Fumiya Nagatomo[1]

1. 神戸大学理学部
1. Faculty of Science Kobe University

We studied the dependence of physical properties of planetesimals on the impact strength in the gravity regime, then we made laboratory impact experiments by using a Flash X-ray for porous gypsum and dry clay simulating planetesimals in order to obtain the relationship between impact fragment masses and ejection velocities.

The impact strength of planetesimals is one of the most important physical properties to clarify the planetary accretion process and the formation process of proto-planets and asteroids. Thus, the impact strength in the strength regime applicable to planetary bodies smaller than 100 m has been mainly studied in laboratory experiments. However, the impact strength in the gravity regime applicable to planetary bodies larger than planetesimals has been studied only by numerical simulations, and their results are not consistent with each other. Furthermore, recent numerical results conducted by Jutzi (2016) showed us that the material properties such as friction, cohesion and porosity affected the impact strength in the gravity regime drastically. Then, we made laboratory impact experiments to elucidate the material dependence on the impact strength in the gravity regime.

In order to determine the impact strength in the gravity regime by the laboratory experiments, we should obtain the relationships between the impact fragment masses and the ejection velocities, and especially, the fragments ejected from the interior of the disrupted target must be observed to construct the velocity −mass relationship for all the fragments. Then, we introduced 3 sets of flash X-ray generators and imaging plates to take transmitted X-ray images of a target with 3 mm steel balls arranged in it. These steel balls were used as makers of the motion of impact fragments, and the time sequence of these balls were observed by using X-rays to analyze the local velocities of the target’ s interior.

Impact experiments were conducted by using a polycarbonate projectile with the size of 7mm at the velocity of 2 −5 km/s, and the projectile was impacted on a spherical target with the size of 6 cm in a head-on collision. We used porous gypsum targets with the porosity of 50% and the tensile strength from 1 to 2 MPa and dry clay targets with the porosity of 48 % and the tensile strength different from the porous gypsum. All the targets were catastrophically disrupted into the largest fragment mass less than 0.2. As a result, we determined an upper limit of ejection velocities having a half mass of the target for each experiment, and we defined this upper velocity as a median velocity of V*. So, we studied how V* depended on the energy density, tensile strength and porosity, then we found that V* increased with the energy density for both targets. Moreover, we found that it strongly depended on the target porosity when it was compared with the previous result for the frozen clay with the similar tensile strength but without porosity, the V* for porous gypsum reduced to be 1/3 for the frozen clay. The V* for the dry clay was almost similar to that for the porous gypsum, thus this might mean that the tensile strength does not affect the V* even for the porous target.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：破壊
Keywords: Destruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動
Charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4]
*Kosuke Kurosawa[1], Takanori Iwasawa[2], Satoshi Okuzumi[2], Sunao Hasegawa[3], Takayuki Muranushi[4]

1. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、2. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 理化学研究所 計算科学研究機構
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3. ISAS, JAXA, 4. AICS, RIKEN

We studied the charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts to access the energy partitioning from the initial kinetic energy to the electrostatic one having the ejecta curtain. We conducted both hypervelocity impact experiments and numerical calculations. The impact experiments were done at ISAS/JAXA hypervelocity impact facility. A vertical gun was used to use granular materials as a target. High-speed video cameras for the visible and infrared were used to observed an impact-generated ejecta curtain. Any light sources were not used in this experiment. We constructed a numerical model by combining the iSALE shock physics code and the REBOUND N-body integrator. The processes of impact ejection under the conditions similar to the laboratory experiments were solved by the iSALE. The time at the ejection, ejection velocity, and the launch position of each particle was extracted as a txt file. Then, the txt file was imported in the REBOUND as a input file. At this time, we added random velocities to simulate the velocity dispersion. Although the dispersion would be inevitably added to each ejected particles in nature, it cannot be modeled in the hydrocode. The absolute magnitude of the random velocity was treated as a free parameter. Subsequent particle motions under the Earth’s gravity field and the resistance force by the surrounding air were calculated. The decceleration due to inelastic collisions and charge transport between particles were included into the calculations. The restitution coefficient was also treated as a free parameter. The degree of charge separation was given by an empirical law proposed by the previous experiment. The results are summarized as follows; (1) We did not observe a large-scale discharge in an ejecta curtain under the experimental condition, (2) we observed a number of bright points along with an produced-ejection flow, (3) we observed a mesh pattern in the ejecta curtain as well as a previous study, (4) we reproduced the mesh pattern in the REBOUND when we chose the degree of the random velocity to be 5-15% of the ejection velocities at the restitution coefficient of 0.8, (5) mutual collisions between granular particles cease at the early stage of the growth of the ejecta curtain, (6) the end time of the mutual collisions depends on the atmospheric pressure, and (7) the empirical law pertaining to the charge separation yields an unphysically-high electrostatic energy. In the presentation, we will present the current status of our research development and discuss the future plans.

Acknowledgements:We thank the developers of iSALE, including G. Collins, K. Wün- nemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausen. We also appreciate the developers of REBOUND, including Hanno Rein, ShangfeiLiu, David S. Spiegel, Akihiko Fujii, and Dan Tamayo.

キーワード：天体衝突、放出物カーテン、電荷移動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Hypervelocity impacts, Ejecta curtain, Charge transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

Nonlinear outcome of gravitational instability in irradiated protoplanetary disks

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2]
*Shigenobu Hirose[1], Jiming Shi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. Spotify USA Inc
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Spotify USA Inc

シアリングボックスにおける３次元輻射流体力学シミュレーションを用いて、中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展を、中心星からの距離rと面密度Σからなるパラメータ空間で調べた。どのパラメータでも、初期条件とした層流からはまず軸対称密度波が現れるが、自己重力の度合いは、rが大きくしたがって冷却時間が短いほど、あるいはΣが大きいほど、大きくなっている。この密度波はある程度成長すると非軸対称モードに対して不安定化して分裂し、最終的には、熱的なバランスが取れた重力乱流状態になるか、自己重力で束縛されたガス塊が形成される。その境界は、r-Σ空間において、r=75 AUと、$\Sigma=\Sigma_{0.2}$（初期のToomre Q値が0.2に相当するΣ）に見られる。前者は、冷却時間が$1/2\pi$回転周期にまで減少する半径に相当し、それを超えると冷却と加熱のバランスが取れなくなるため、ガス塊が形成される。この半径近傍では、たとえ一旦重力乱流状態になったとしても、その冷却時間の短さから密度の振幅が大きくなるため、いずれガス塊の形成に至る可能性が高い。一方、Σが後者の値を超えると、初期の層流が重力的にあまりにも不安定なため、半径（すなわち冷却時間の長短）にかかわらず、必然的にガス塊が形成されることになる。このように、原始惑星系円盤における重力不安定によるガス天体形成には、二つの異なる経路があり得る。なお、形成されたガス塊の中心への質量集中が大きく、温度が水素分子の解離温度を超えると、逃走的収縮が起こる。

キーワード：原始惑星系円盤、重力不安定、流体力学シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disks, Gravitational instability, Hydrodynamics simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用
Rheology of clay paste and application to the investigation of formation process of surface topography on the Mars

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2]
*Chihiro Uemura[1], Takahiro Iwata[1,2], Akio Nakahara[3], Yosuke Matsuo[3], Tomohiro Usui[2], Rina Noguchi[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 日本大学
1. SOKENDAI, 2. ISAS/JAXA, 3. Nihon Univ.

火星表面には水が関与して出来たとされる地形が多く存在する。中でもRSL(Reccuring Slope Lineae)は現在でも季節変化によって発生・消失を繰り返し、水の関与が強く示唆される地形である。この形成要因については、砂が流れることで形成されるという説も存在し、未だ議論が収束していない。

水が流れる時は、周囲の土砂を巻き込み、ペースト状態となる。このペーストは興味深い性質を持ち、惑星科学だけでなく物理的にも研究の対象となっている。ペーストは粒子間に働く力の種類によって引力系、斥力系の2種類に分けられる。このうち、斥力系の粒子のペーストについてはよく調べられて来た。一方、粒子間には引力が働く系の性質については未だ明らかではない。しかし、火星表面にも存在する粘土鉱物は引力の働く系であり、粘土ペーストの流動性(レオロジー)は火星表面地形を理解する上で、重要である。また、RSLのように温度依存性が示唆される地形も存在することから、本研究では特にレオロジー(降伏応力、粘性率)の温度依存性に注目し、引力系ペーストの性質を調べる実験を行なった。

<実験方法>

粘土鉱物と同じく、粒子間に引力の働く炭酸水酸化マグネシウムを使用した。測定にはレオメーター(Anton Paar, Physica, MCR-301)を用いた。二重円筒型の流路を使用し、ペーストに対して時間とともに線形的に増加するせん断応力をかけた時に得られるせん断速度を測定した。異なる5通りの固相率のペーストに対し，0℃～75℃まで25度刻みで4つの温度について各4回ずつ測定を行い、得られたデータから降伏応力及び粘性率を求めた。

<結果>

通常の弾塑性体の降伏応力は温度の上昇に伴って減少するが、本研究では引力系ペーストにおいては降伏応力は温度の上昇に伴って大きくなるという逆の結果が得られた。理論モデルの解析により斥力系ペーストでは降伏応力は絶対温度に比例して増加するとの予測はあるものの、引力系ペーストの降伏応力の増加率は斥力系ペーストの理論予測をはるかに上回ることを示した。

粘性率については降伏応力とは異なり、通常の粘性流体と同様に温度の上昇に伴い粘性率が減少する傾向が見られた。これは、温度の上昇に伴い、溶媒である水の粘性率が低下する影響であると考えられる。

<考察>

実験結果から引力系のペーストのレオロジーは斥力系よりも強く温度に依存することがわかった。この原因として、温度変化に伴い、(1)粒子の電荷が変化(2)粘性の変化などの要因が考えられる。今後、実験・シミュレーションを通して明らかにしていきたい。

また、将来的にはこれらの実験結果を火星地形に適用し、形成要因へ制限をつけたい。そのためには、火星環境では実験結果がどう変わるのか等検討していく必要がある。

キーワード：火星、RSL、レオロジー、降伏応力、粘土ペースト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Mars, RSL, rheology, yield stress, clay paste

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈
An Explanation for Physical Mechanism of the Streaming Instability

*金子 寛明[1]
*Hiroaki Kaneko[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institude of Technology

惑星は、固体微粒子が集まって形成された大きさ数kmないし数十kmほどの微惑星という天体を経て形成されると考えられている。しかし，数十 cmサイズのダストは1 auの位置から100年ほどの極めて短いタイムスケールで中心星に落ちてしまう。このダストの落下問題によって微惑星形成は困難とされる中、Youdin & Goodman (2005)(YG05)が発見したダスト・ガスの二流体の線形不安定 “Streaming Instability” (SI) によるダスト密度上昇とそれに続く自己重力崩壊が微惑星形成の一つの可能性として考えられている。SIについては線形および非線形の数値計算がされていて不安定が存在することは確かであるものの、分散関係式が高次に及ぶこともありメカニズムは難解である。Jacquet, Balbus, & Latter (2011)(JBL11) はterminal velocity approximationを用いた連続の式の変形から、その解釈を試みている。その説明は次のようなものである。

1. ガスの高圧の部分にダストが溜められる。

2. ダストはガスを引きずって、この高圧の部分にガスを集める。

3. 高圧部の圧力がさらに強まり、不安定が成長する。高圧部では圧力勾配によってガスは分散しようとするが、コリオリ力とダストによるドラッグが地衡風平衡を保っている。

この説明では赤道平面内でメカニズムが完結しているが、 YG05では鉛直方向の移流のほうが半径方向よりも卓越していて、かつ、密度の極大に向かっているとあり、JBL11の説明には疑問が残る。

本研究ではYG05が用いているTerminal velocity approximationによって簡単化された分散関係式の解析を行い、ダスト密度やガス圧力、ダストの半径方向、鉛直方向の速度の揺らぎについて成長する波の成分の位相関係を計算する。これにより、JBL11とは異なり、鉛直方向の運動も考慮したSIのメカニズムの説明を考える。

本研究で得たSIのメカニズムは以下の通りである。

1. 基本場としてガスはダストから角運動量を受け取り、中心星より遠方へと運動する。ダスト密度に濃淡があると、ダスト密度の違いによってガスへの角運動量の供給に違いが生じ、半径方向にガス圧力の揺らぎができる。

2. 高圧部からは鉛直方向にガスが流出し、低圧部にはガスが流入する。ダストもこれに引きずられ、同様に高圧部から流出、低圧部に流入する。

3. ダスト密度の揺らぎの位相は中心星方向に進む。ダスト密度の極大はガスの低圧部へと向かい、そこで鉛直方向から流入するダストと合流し、ダスト密度の揺らぎの振幅が大きくなる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

この説明は，線形解析で得られる揺らぎの動きを全て矛盾なく捉えていることはもちろん，物理的にもわかりやすいものであると思われる。

キーワード：ストリーミング不安定、原始惑星系円盤、微惑星形成、流体力学、線形安定解析
Keywords: Streaming Instability, protoplanetary disk, protoplanetesimal formation, hydrodynamics, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1], Vadim Vladimirovich Perepelkin[1], Wai Yan Soe[1]

1. Moscow Aviation Institute

The variation of the Chandler and annual components of the polar motion are of a significant interest in the Earth pole oscillatory process research. Generally these variations are quasiperiodic. But some regular oscillations can be isolated from it that correspond with the basic periods of the lunar motion. Here we discuss the theoretical assumptions of the observed effect as well as the experimental rules that illustrate the relationship between the Earth pole oscillations and the lunar motion.
The complex process of the Earth pole oscillations includes components with frequency and amplitude that differ significantly from each other. Processing the pole motion observations over the last 100 years result in statistically convincing definition of the main characteristics in its oscillatory process. Basic components in the Earth pole motion are Chandler wobble, annual oscillation and also polar motion's trend. Observed Earth pole oscillations have a wobbling character. The trajectory of the pole on the Earth surface is a winding and unwinding spiral with a period of about six years.
Actual problem that was stated by P. Melchior (Melchior, 1972) about the instability in the basic components parameters of the Earth pole is still not sufficiently explored. This problem is connected with the exploring the celestial-mechanics' and geophysical causes of such behavior in the Chandler and annual components, and also with the construction of the refined models of the forecasting the Earth orientation parameters for long time intervals.
In this work along with the common methods of the separating the pole oscillation process into the Chandler and annual components we suggest an approach to the resulted Earth pole trajectory research. For the purpose of analyzing the nonstationary resulted pole motion a perturbed trajectory is isolated. For the unperturbed trajectory a “mean” one is chosen –the Earth pole trajectory where the Chandler and annual oscillation parameters have mean values.
The differential equations for the amplitude a and phase ψ of the Earth pole modulation motion can be derived from the dynamical Euler–Liouville equations of Earth motion around its center of mass (Markov, Perepelkin et al, Astronomy Reports, 2018 and Markov, Perepelkin at al, Doklady Physics, 2017).
It is shown that the significant impact into the variations of the basic pole oscillation components is given by the long-term perturbations from the lunar orbit. The analysis of these perturbations is held using the wavelet and Fourier transformations. On the long time interval it shows matching phases of the perturbed polar motion and the lunar orbit motion using the available series of observations C04 and C01 from the International Earth Rotation and Reference Systems Service. This feature can be used to refine the model of the forecasting the Earth pole oscillations. And taking into account these structural features of the oscillations the refined numerical-analytical model of the Earth pole motion is presented.
Thus the graphical correspondence between the Earth pole oscillations and the motion of the lunar orbit is presented. It is shown that the refined model gives a more accurate description of the Earth pole motion by comparing the model computation results with the observations made by the International Earth Rotation and Reference Systems Service.

Keywords: Earth pole oscillations, Numerical-analytical model, Chandler Wobble, Lunar orbit perturbations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル
Chondrule formation model by lightning in high dust density regions

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1]
*Chihiro Ikeda[1], Taishi Nakamoto[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

コンドリュールは半径0.1-1 mmの球状の組織で、コンドライト隕石の主要な構成要素である(Scott 2007)。コンドリュールは太陽系形成初期に形成されたことが分かっている。そのため、コンドリュールは初期太陽系星雲についての重要な情報を持っている可能性がある。コンドリュールは初期太陽系星雲内でダスト粒子が数分以内で加熱されて溶融し、1-1000 K/hourの速度で冷却され固まったと考えられている(Desch et al. 2012)。また、コンドリュールは揮発性物質を含むことから、ダスト密度の高い領域で形成されたとされている (Alexander et al. 2008)。コンドリュールの形成メカニズムは解明されていないが、衝撃波、天体衝突、X-wind、雷によって形成されたとする説がある。本研究では、雷によるコンドリュール形成について、コンドリュール の熱進化の観点から研究を行った。

コンドリュールの熱進化は今までに、Horanyi et al. (1995)で研究された。この研究では初期太陽系星雲での雷の発生を仮定し、雷内のガスとダストの時間進化についての数値計算を行い、コンドリュールの熱進化を計算した。計算の結果得られたコンドリュールの冷却速度は、結晶組織の分析から推定されているコンドリュールの冷却速度よりも速くなった。一方、雷の発生についての研究によると、雷の発生にはダストとガスの質量比は100:1以上である必要がある (Muranushi 2010)。しかし、Horanyi et al. (1995)では雷の内部にはダスト粒子が1個だけ存在する状況を考えていた。
本研究ではダスト密度の高い領域での雷の発生を考え、コンドリュールの熱進化を数値計算した。特に、ダスト密度が高い状況でコンドリュール形成の冷却速度条件を満たすことができるのかを調べた。その結果、コンドリュール形成条件に合う状況が存在することが分かった。本研究により、初期太陽系星雲において、雷によるコンドリュール形成が可能であることが示唆された。

キーワード：コンドリュール、雷
Keywords: chondrule, lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究
The transition to superrotation in stratospheric atmospheres

*墨 幹[1]
*Motoki Sumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

タイタンは発達した大気や地表面に安定した液体を太陽系内の衛星で唯一持っている天体である。その観測の歴史は1908年に大気の存在が示唆されたところから始まる。1970年代には観測技術の進歩からタイタン大気の温度構造や大気組成が明らかになってきた。また、1997年に打ち上げられたCassini-Huygens探査機では、土星系を訪れ、Huygensプローブをタイタン大気に突入させ、高精度の観測を行った。現在では、ALMA望遠鏡による地上サブミリ波観測が行われており、高解像度での観測が可能になっている。

タイタン大気の特徴として全球規模で自転を追い越す向きの高速東西風であるスーパーローテーションの存在が観測で明らかになっている。その風速はHuygensの突入した南緯約10度において高度120㎞近くで東向きに100m/sにも及ぶが、観測データの少なさや大気構造の複雑さからそのメカニズムの究明に難航している。また、スーパーローテーションの生成メカニズムも統一した理論は完成しておらず、さまざまな理論が提唱されている。代表的なものとして、Gieraschにより提案されたGierasch メカニズムやFelsとLindzenにより提案された熱潮汐波によるメカニズムがある。

本研究では、地球モデルを用いて、惑星半径のみを変えてスーパーローテーションを発生させる実験を行った。数値モデルとして地球流体電脳倶楽部の開発する、惑星大気大循環の数値シミュレーションモデルDCPAM5を用いた。乾燥大気を仮定しモデルの基礎方程式系として、プリミティブ方程式を用いた。加熱・冷却過程としてHeld and Suarez(1994)モデルに成層圏の圧力依存性を加えたWilliamson(1997)のモデルを用いた。計算時間は十分定常性が確認できた1080日までの時間発展計算を行い、描画では計算終了の360日間を時間平均した。

はじめに、温度場、質量輸送分布、東西風速場の東西平均を出力し、大気の子午面空間の構造を比較し、スーパーローテーションの発生している設定、高度などの分布を調べた。地球モデルでは対流圏と成層圏の中緯度で西風ジェット気流が発生したが、赤道では東風が吹いている。惑星半径を小さくすると、対流圏では赤道でも西風が加速され、スーパーローテーションが発生した。成層圏では下層で赤道スーパーローテーションが発生したが、成層圏上層では中高緯度にジェットが発生したのみで赤道では高速の西風までは発生しなかった。

次に、角運動量を赤道上層に維持するメカニズムを調べるために、温度の帯状擾乱の分散、東西風速場の帯状擾乱スペクトルを出力し、大気中に存在する波の構造をまとめた。対流圏において地球モデルでは、中緯度に帯状波数4以上の波が多く存在し、中緯度に東向きの角運動量が集積された。しかし、惑星半径を小さくしていくと、帯状波数の大きい波が減少し、波数1付近の全球規模の波が卓越している。成層圏においても同様に地球モデルでは対流圏ほどではないが波数の大きい波が存在している一方で、惑星半径を小さくしていくと、波数の小さい波しか残らなくなる。

しかし、成層圏では赤道スーパーローテーションと中高緯度ジェットが高度の異なる領域に発生しており、スーパーローテーションを維持するメカニズムは対流圏でのメカニズムと多少異なる可能性がある。その違いについて更なる解析が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions

*Corentin LOUIS[1,2,3], Sebastien L. Hess[4], Baptiste Cecconi[2,3], Philippe Zarka[2,3], Laurent Lamy[2,3], Stéphane Aicardi[5], Alan Loh[2]

1. IRAP, Toulouse, 2. LESIA - Observatoire de Paris, 3. USN, Observatoire de Paris, 4. ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France, 5. DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France

All magnetized planets are known to produce intense non–thermal radio emissions through a mechanism known as Cyclotron Maser Instability (CMI), requiring the presence of accelerated electrons generally arising from magnetospheric current systems. In return, radio emissions are a good probe of these current systems and acceleration processes. The CMI generates highly anisotropic emissions and leads to important visibility effects, which have to be taken into account when interpreting the data. Several studies showed that modeling the radio source anisotropic beaming pattern can reveal a wealth of physical information about the planetary or exoplanetary magnetospheres that produce these emissions. We present a numerical tool, called ExPRES (Exoplanetary and Planetary Radio Emission Simulator), which is able to reproduce the occurrence in time–frequency plane of CMI–generated radio emissions from planetary magnetospheres, exoplanets or star–planet interacting systems. Special attention is given to the computation of the radio emission beaming at and near its source. We explain what physical information about the system can be drawn from such radio observations, and how it is obtained. These information may include the location and dynamics of the radio sources, the type of current system leading to electron acceleration and their energy and, for exoplanetary systems, the magnetic field strength, the orbital period of the emitting body and the rotation period, tilt and offset of the planetary magnetic field. Most of these parameters can be remotely measured only via radio observations. The ExPRES code provides the proper framework of analysis and interpretation for past (Cassini, Voyager, Galileo. . .), current (*Juno*, ground-based radiotelescopes) and future (BepiColombo, Juice) observations of planetary radio emissions, as well as for future detection of radio emissions from exoplanetary systems (or magnetic white dwarf–planet or white dwarf–brown dwarf systems). Our methodology can be easily adapted to simulate specific observations, once effective detection is achieved.

Keywords: Planetsandsatellites:Aurorae, Radiocontinuum:Planetarysystems, Radioemissions simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crustal structures of major mercurian basins

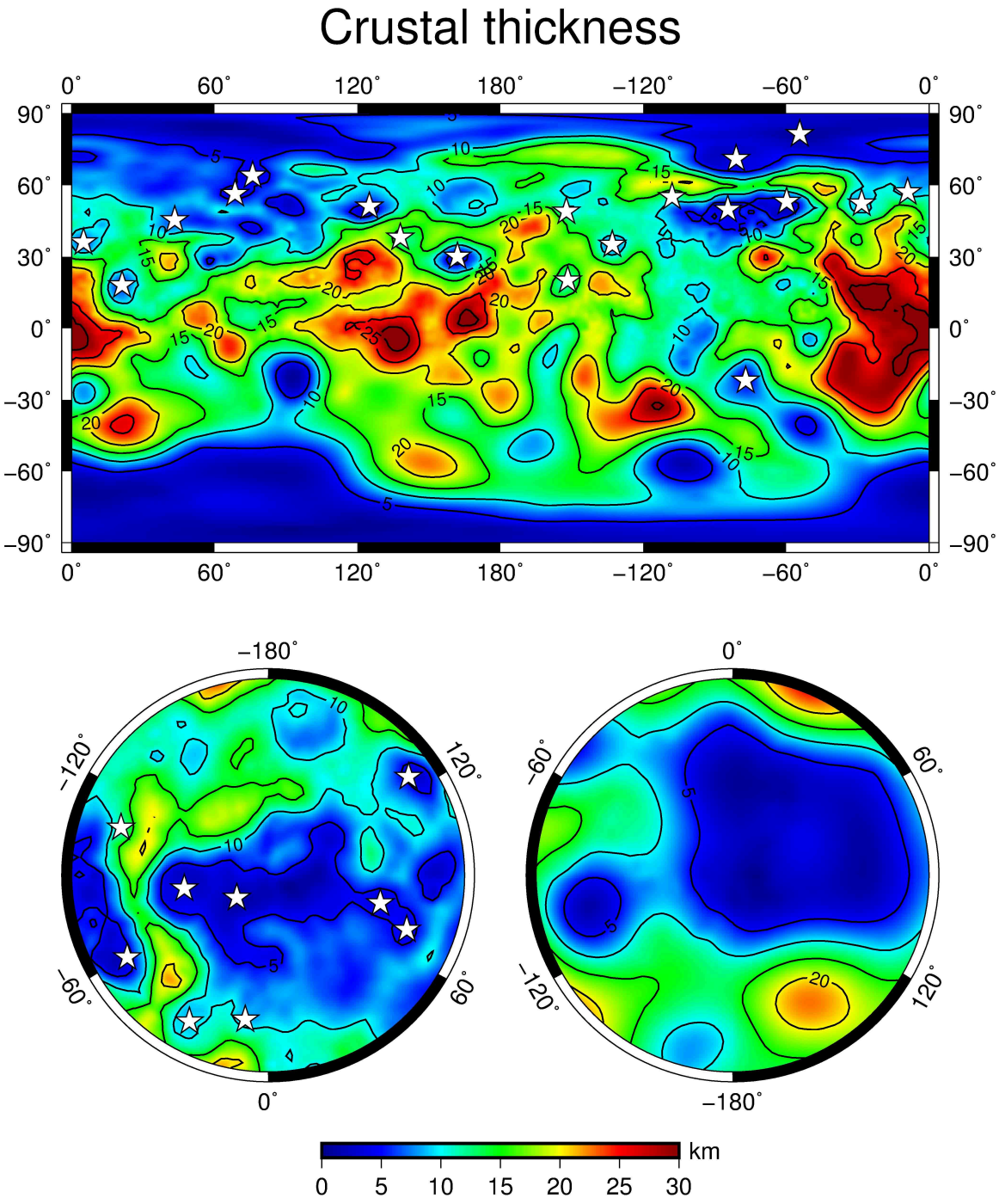
*Qingyun Deng[1], Fei Li[1], Jianguo Yan[1], Zhiyong Xiao[2]

1. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 2. Planetary Science Institute, China University of Geoscience

Mercury is the innermost planet in the solar system. Its surface resembles to the Moon, which is characterized with large number of impact basins, indicating an intensive bombardment history. From the data acquired by previous Mercury missions, the spatial distribution, relative age, and morphology of impact basins on Mercury is studied. Gravity data from NASA MESSENGER mission revealed the crustal structures of mercurian basins, providing information about the crust properties of the early Mercury when those basins formed. In this work, the crustal thickness ratio for each basin is calculated from global crustal thickness model obtained by inverting gravity data. The relation between crustal thickness ratio, basin relaxation state, and relative age is investigated and some implication for the early evolution of Mercury is discussed.

Keywords: crustal structures, impact basin, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand -[1], Mayank Sharma[1], Rahul Dev Garg[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Now a day’ s remote sensing and geospatial techniques are gaining popularity as they offer correct and precise information of any object situated at a distant place. Advanced remote sensing techniques like terrestrial laser scanning (TLS), mobile laser scanner(MLS), close range photogrammetry(CRP), smart total station(STS) and GNSS are the useful techniques for creating a 3D (three-dimensional) documentation of complex engineering structures or cultural heritage sites. The integration of these techniques with other methods like topographic survey or physical measurement method also offer the potential to the user to perform a complete 3D documentation of any structure.

This paper presents a methodological framework for the 3D digital documentation of cultural heritage sites from laser scanned datasets. The framework includes acquisition of point cloud datasets through laser scanners and their conversion to 3D models. 3D models are useful for planning and surface detail measurements. Detailed planimetric and elevation information or plans could be easily extracted from developed 3D models. These planimetric informations and elevation plans are useful for the conservation and preservation of structure, and can help in restoration of these structures in case of any damage due to natural disasters or other seismic activities.

Keywords: TERRESTRIAL LASER SCANNER, 3D DIGITAL DOCUMENTATION, ELEVATION PLAN, POINT CLOUD, SOLID 3D MODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1], Irina Michailovna Ryabikova[2]

1. Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university, 2. Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university

Our approach to the phenomenon of tides differs from the traditional one, in which an empirically tidal potential with Love numbers is introduced. We consider the motion of two viscoelastic bodies, the Earth and the Moon treated as a double planet, in the gravitational field of a massive point, the Sun.The deformations of the bodies are described by the classical theory of small deformations. The influence of viscous forces is described by the dissipative functional of the Kelvin-Voigt model. The quasi-static equation of the elasticity theory is solved for obtaining the displacements of body points. The method of averaging and separation of motion is used for solving of this equation. The displacements of each point of the deformable body consist of displacements caused by centrifugal forces, the forces due to body elasticity and dissipative forces due to body viscosity. Substituting these displacements in the potential formulae and integrating over the each body, we get the potential of the system and the moments of forces acting on the bodies.. Knowing the displacements, we determine the shape of deformable bodies, their moments of inertia and the lagging angle. The results of this approach are compared with the results of the traditional theory.

Keywords: Earth-Moon system, viscoelastic bodies, moments of forces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The consequences of Saturn’s “ring rain”

*James O Donoghue[1,2], Luke Moore[3], Jack Connerney[4,1], Henrik Melin[5], Tom Stallard[5], Sean Hsu[6], Steve Miller[7], Kevin Baines[8]

1. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan, 3. Boston University, USA, 4. Space Research Corporation, Maryland, USA, 5. University of Leicester, UK, 6. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA, 7. University College London, UK, 8. NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA

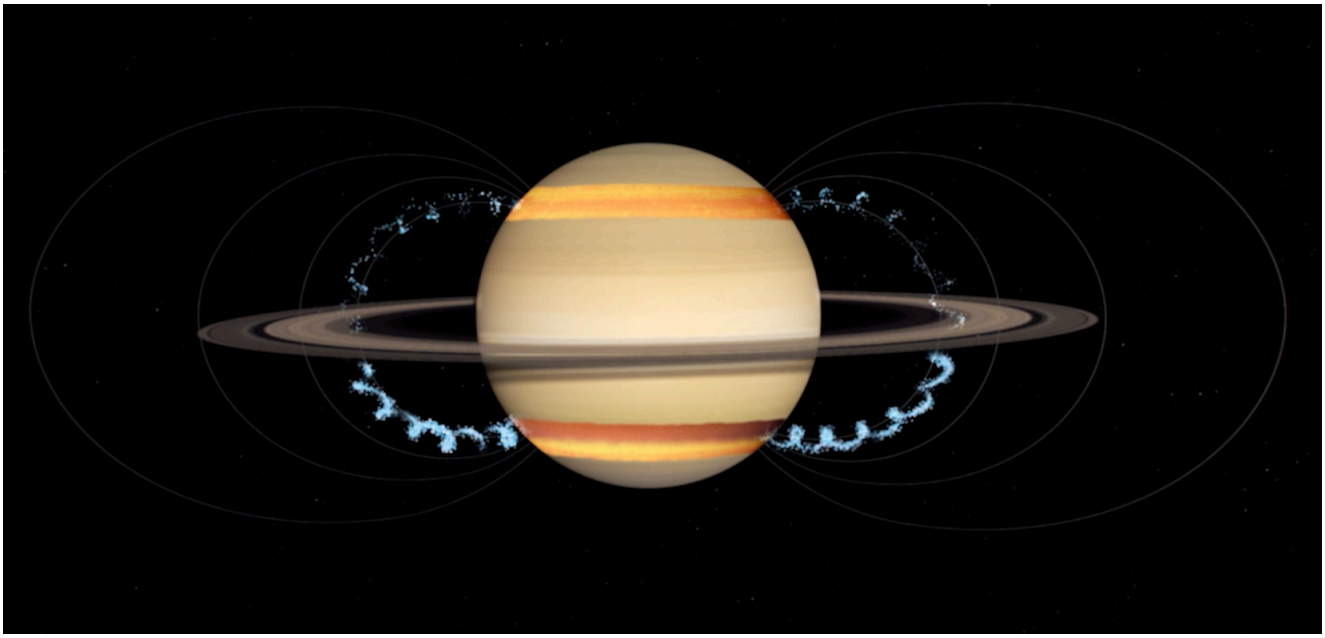
Saturn’s upper-atmospheric H3+ emissions have been previously studied using ground-based observations, and found to exhibit peaks in emissions at specific latitudes. The cause of these peaks is due to an influx of charged water products originating from Saturn’s rings known as 'ring rain'. Subsequent modeling using the Saturn Thermosphere Ionosphere Model (STIM) has indicated that these peaks in H3+ emissions are likely driven by an increase in H3+ density, rather than temperature, as a local reduction in electron density (due to charge exchange with water) lengthens the lifetime of H3+. However, a direct observation of the H3+ density is required to estimate the flow rate of material into Saturn with models. Calculation of ring rain’s flow rate into Saturn is a highly important input for determining the age, lifetime and evolution of Saturn’s rings.

Here we present the first ever derivation of H3+ density, temperature and radiance in the non-auroral regions of Saturn, using data taken from the 10-meter Keck telescope in 2011. H3+ density is enhanced near 45 degrees north planetocentric latitude and strongly reduced near 39 degrees south. When compared to STIM modeling results, these densities indicate a small ~50kg/sec water influx in the north and an enormous ~1500 kg/sec influx in the south. The charged grains are pulled in along the magnetic field by gravity, but the southward-inclination of the magnetic field (in the vicinity of the ring plane) means that the grains are preferentially drawn southwards into the planet. Assuming that our (Saturn northern Springtime) measurement represents all seasons, and that the rings are able to disperse over time, the ring rain mechanism alone will drain Saturn’s rings to the planet within 300 million years. If we also add the recent Cassini-spacecraft measured ring-material detected falling into Saturn’s equator (and assume it is constant), then the rings have less than 100 million years to live.

Recent measurements by Cassini again have estimated a ring age of ~50 million years, so it seems that Saturn’s rings are short-lived phenomena, perhaps lasting just 150 million years in total. A long time on human timescales, but compared to the 4.5 billion year age of Saturn, the rings are essentially temporary; i.e. if Saturn were 30 years old, the ring system would exist for just 1 year of its life! These recent findings indicate that ring systems in general are practically doomed to be removed as soon as they are formed. Indeed, the ring rain mechanism itself ought to be universal at any planet with both a ring system and a strong magnetic field. We might ask, did Jupiter, Uranus and Neptune, which have thin rings today, once have magnificent rings in the past that have eroded away?

Keywords: Saturn, Rings, Ionosphere, Magnetosphere, Atmosphere, Ring rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*Shiblee Ratan Barua[1,2], Paul Romani[1]

1. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA, 2. Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA

Existing photochemical models for the atmospheres of planetary bodies suffer from large errors when predicting the mole fraction profiles of various compounds. Global sensitivity analyses show that a major source of these model errors can be attributed to inaccurate rate coefficients for “key” radical–radical and radical–neutral reactions in low-temperature conditions. Accurate rate coefficients for key reactions thus improve the accuracy of photochemical models. Unfortunately, accurate experimental rate constants for such low-*T* reactions are difficult, if not impossible, to measure, and the lab data are affected by uncertainties in determining the absolute concentrations of radical species. Currently, the most common theoretical approach involves uncertainty extrapolation technique in which uncertainties in room-temperature rate constants are extrapolated to low-temperature conditions, resulting in large errors in the theoretical low-*T* rate constant data. To solve this existing problem, we are employing the two-transition-state (2TS) model developed by Klippenstein and coworkers to calculate high-level *ab initio* rate-constants for key low-*T* (*i.e.* 10–200K) reactions relevant to planetary atmospheres like that of Titan. In particular, we are investigating key reactions that have not yet been studied in the lab, and for which accurate rate coefficients are still unknown. Our calculated *ab initio* rate coefficients will be made available to the astrochemistry community via well-established free online kinetic databases (*e.g.* KIDA). These rate coefficients will be used by scientists in photochemical models to make accurate predictions of mole fraction profiles for planetary atmospheres and improve our understanding of the diverse chemistry of these bodies.

Keywords: Titan atmosphere, Low-temperature reaction kinetics, Ab initio quantum chemistry, Photochemical model, Plantery science, Astrochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

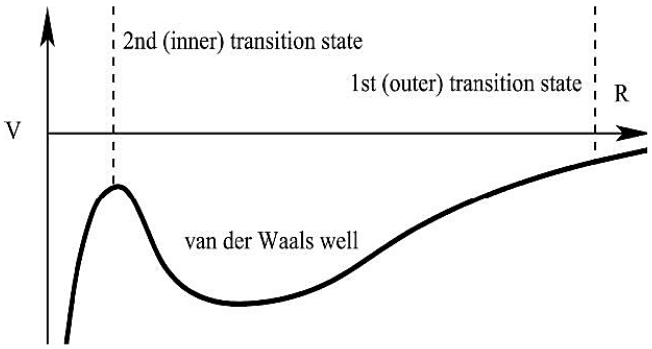


Figure 1. Schematic one-dimensional picture of the potential energy as a function of the reaction coordinate for a neutral–neutral reaction leading to bimolecular products. In its approach, the 2TS model incorporates both the 1st (outer) transition state for barrierless association reaction and the 2nd (inner) transition state for reaction path with a barrier. **Source:** Georgievskii and Klippenstein, 2007.

Table 1: Selected key reactions currently being investigated that are responsible for uncertainties in the mole fractions of major nitrogen species (left-most column) in low-*T* Titan conditions. Each reaction shown here has an absolute Rank Correlation Coefficient (RCC) value, a quantitative indicator of the sensitivity of model mole fractions on rate constants, greater than the chosen threshold of 0.2 at 100 km or above (right-most column). **Source:** Loison *et al.*, 2015.

Affected N Species	Key Reactions	|RCC| > 0.2
NH_3	$N(^4S) + NH_2 \rightarrow N_2 + H + H$	(100, 900) km
HNC	$N(^4S) + {}^3CH_2 \rightarrow HNC + H$	100 km
CH_2NH	$N(^2D) + CH_4 \rightarrow NH + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$^1CH_2 + CH_4 \rightarrow CH_3 + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$C_2N + H \rightarrow HCN + C$	900 km
C_2H_3CN	$CHCN + H \rightarrow C_2N + H_2$	900 km

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？
How many conditions must be satisfied to produce a habitable planet?

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2]
*Shigenori Maruyama[1], Soichi Omori[2]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 放送大学教養学部
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. The Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

<Purpose>

Concept of habitable zone (HZ below) is regarded as the presence of stability field of liquid water on the surface of planet. HZ is regarded as the most important condition to produce a habitable planet. However, we think the presence of liquid water is not enough to be habitable. We list up other necessary conditions (6+5=11) to produce a habitable planet in the Universe.

<Method>

The best studied habitable planet is the Earth. Therefore, based on the research results of the Earth, we consider necessary conditions. Key points are chemical composition of primordial atmosphere and biosphere.

<Result>

Based on the research of the Earth, I propose there are at least 6 conditions to be a habitable planet in case of the solar system. (1) a planet must be given totally 400 bars CO_2, 300 bars water, and 50-60 bars N_2 as minimum values. In addition, such an amount is given gradually with time (ABEL model) not to become Venus-state, (2) the presence of extremely small amount of ocean water (3km ±1km thickness), (3) the presence of huge landmass (continent above sea level) to finally provide habitable trinity condition to drive the material circulation to give nutrients through water-rock interaction to feed primordial life. (4) Initiation of plate tectonics to keep dynamic equilibria not to become Venus state. (5) selective transportation of CO_2 into mantle, while H_2O remains on the surface, and N_2 remains all in atmosphere, (6) the presence of biosphere, if not, fixation of atmospheric CO_2 is restricted only to inorganic carbonates that would be insufficient to prevent evolving into Venus-state.

<Discussion>

These six conditions are deduced from the history of the Earth. However, if we enlarge the concept to exoplanets based on the research of the solar system, the following five conditions are added; (7) the distance from the central star, (8) the abundance of atmosphere, (9) mass and composition of central star, (10) size and composition of planet, and (11) circular orbital path.

キーワード：ハビタブルプラネット、生命惑星をつくる条件
Keywords: habitable planet, conditions to produce a habitable planet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発
Quantitative Evaluations for Meteorite Impact Tsunami

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Tetsuharu Fuse[2], Toshitaka Baba[3]

1. 防災科研、2. 情報通信研究機構、3. 徳島大学
1. NIED, 2. NICT, 3. Tokushima University

Tsunami induced by earthquakes, submarine landslides, volcanic eruption in submarine and coastal area and meteorological phenomena is one of the most devastating natural disasters. A meteorite impact into the oceans spawn large tsunami depending on the size and velocity of the meteorite and the sea depth at the location of the impact as well. However, we do not have a numerical model to reproduce both of meteorite impacts and tsunami propagations. We have started to develop a new numerical model to simulate tsunamis generated by the meteorite impact combining iSALE (Wünnemann et al., 2006) for simulating impact phenomena and JAGURS (Baba et al., 2017) for simulating tsunami. The iSALE is a multi-material and multi-rheology shock physics code for simulating impact phenomena. JAGURS is a parallelized tsunami simulation code to solve two-dimensional non-linear long-wave equation with Boussinesq terms for representing observed tsunami waveforms, tsunami height and inundation. We set sea-floor deformation, sea-surface disturbance and velocity of gravity wave which is the output from iSALE to the input of JAGURS. We then calculate tsunami height along the coastlines in any place using ASTER GDEM version 2 (Fujisada et al., 2012) and GEBCO_2014 Grid. ASTER GDEM has one arcsecond (about 30 m) spatial resolution and covers land between 56S and 60N latitude as a topographic data. GEBCO’s gridded bathymetric data has thirty arcseconds (about 1 km) spatial resolution for the worldwide.

We first investigate the tsunami generation using iSALE code for creating tsunami source model depending on the meteor size, the velocity of impact, the size of cavity, the width and depth of crater and tsunami propagation speed. We also investigate probabilistic hazard of meteorite impact tsunami using simplified cavity curves with developed JAGURS built-in. Finally, we construct a new numerical model of meteorite impact tsunami combining iSALE and JAGURS. Additionally, we consider the way of automatic detection of meteorite impact using the recode of the highly sensitive seismograph network in real-time.

iSALE の 開 発 者 で あ る Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen の各氏に感謝致します．本研究の一部はJSPS科研費 JP18K04674の助成を受けたものです．iSALEの計算及び可視化は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトCfCAの計算サーバ及び解析サーバで実施しました．記して感謝致します．

キーワード：隕石、衝突、津波
Keywords: Meteorite, Impact, Tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[P-PS06] 惑星科学

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

本セッションでは、広く惑星科学に関する研究発表と議論を行う。惑星科学とは、地球や他の惑星をはじめとする太陽系や系外惑星系の現在・過去・未来に関する様々な研究からなる学問であり、幅広い視点からの議論が望まれる。

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

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

[PPS06-P02] 冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化

*松井 弥志[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

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

*種子 彰[1] (1.SEED SCIENCE Lab.)

[PPS06-P05] 火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入

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

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

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

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

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

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

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

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

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

[PPS06-P10] 天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動

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

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

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

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

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

[PPS06-P13] ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈

*金子 寛明[1] (1.東京工業大学)

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

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

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

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1] (1.東京工業大学)

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

*墨 幹[1] (1.東京工業大学)

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

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

[PPS06-P18] Crustal structures of major mercurian basins

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PPS06-P23] ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？

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

[PPS06-P24] 海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発

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

The Study of Using SLR and GPS Observation Data to Estimate Geocenter Motion.

*Yih Jack Cheng[1], Fang-shii Ning[1]

1. National Chengchi University

Geocenter motion describes the difference of Center of Figure (CF) respect to Center of Mass of the Earth system (CM) due to the mass re-distribution and deformation of the Earth system. This is a factor that cannot be ignored in the maintenance of the high-precision terrestrial reference frame. As precision requirements and application demands in space geodesy increase, research on estimation of the geocenter motion become increasingly important as the key point to realize a reference frame with its origin fixed to the center of mass of the Earth system. In this study, GPS (Global Positioning System) observation data from IGS (International GNSS Service) and SLR (Satellite Laser Ranging) tracking data in the period of 2007 to 2016 are applied to estimate the coordinates of IGS sites on Earth’ s surface by using the GAMIT/GLOBK and Bernese software. Then, the Helmert transformation model is used to acquire seven parameters between the ITRF (International Terrestrial Reference Frame) reference frame and the CM reference frame. There are three parameters of them are related to the shift in three axes, which are the results of the geocenter motion. Afterwards, the geocenter motion time series are applied with the linear fitting method in order to obtain the amplitudes and phases along three axes of geocenter motion. The annual amplitude of X-, Y-, and Z- components between the years 2007and 2016 are 2.6± 0.2 mm, 4.1±0.2 mm, and 5.6±0.3mm respectively. The annual phase of X-, Y-, and Z- components are 72˚, 330˚, and 145˚ respectively. The accuracy of this study is significant improvement comparing to just using GPS or SLR technique only.

Keywords: Geocenter motion, Global Positioning System, Satellite Laser Ranging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

冥王星表面の氷の昇華と凝結による反射率の進化
Evolution of Pluto's surface albedo due to sublimation and condensation of ice

*松井 弥志[1]、木村 淳[1]
*Hisashi Matsui[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学
1. Osaka University

2015年、冥王星に接近した探査機ニューホライズンズの観測によって、冥王星表面にH_2O, N_2, CH_4, COの氷が共存することや、その表面に氷の量の違いによる強い明暗のコントラストがあることが明らかになった。しかし、その明暗分布の起源については、いまだ明らかになっていない。

木星や土星の衛星における反射率変化を扱った先行研究では、日射による氷の昇華が氷天体表面の反射率変化に影響することが示されている。さらに冥王星はを主成分とする大気を持つことから、大気からの凝結も反射率に影響すると思われる。

このように、昇華や凝結などの氷の振る舞いが、冥王星表面の反射率変化に大きく影響している可能性がある。しかしこれまでのところ、その定量的な考察は行われていない。

そこで本研究では、冥王星表面の明暗分布の起源を探ることを目的として、様々な氷の昇華・凝結といった振る舞いと、表面の反射率の変化の関係を数値シミュレーションを用いて調べた。

モデルでは、明るい氷と暗い非氷物質が均一に混ざって存在し、その体積比に従った反射率を持つ表面状態を仮定した。続いて緯度ごとの日射量の変化と熱慣性を用いて表面温度を計算し、その温度における蒸気圧と大気圧の差から氷の昇華量を見積もった。昇華した氷は大気として存在し、表面温度が凝固点を下回った時には、大気から再凝結し表面に沈着する効果も考慮した。その上で、微小隕石衝突などによって表面が継続的に混合されると考えられる深さまでに含まれる氷と非氷物質の体積比から、次の時間ステップの表面の反射率を計算した。この過程を繰り返し計算することで、冥王星表面の反射率の時間変化を調べた。

その結果、巨大衝突のような特定のイベントを考えなくても、自転軸の大きな傾きから生じる緯度ごとの日射量の違いによって、現在の冥王星表面に見られる反射率分布の傾向を説明できる可能性があることが分かった。

キーワード：冥王星、反射率
Keywords: Pluto, Albedo

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Origin of the moon, Reason why Moon is always facing to Earth, Origin of Moon Sea, reasons why there is no Ocean behind Moon

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

太陽系で，惑星起源の謎を検証する方法（進化の創造的推論）は，物理的に意味のある仮説を用いて，進化の複数結果を全て統一的に説明できる事であり，一度しか起きない進化を利用した検証と云える.

初期条件も不明で，再現実験の出来ない現状から，起源への**ミッシングリンク**を推測する由一の方法手ある.

月の起源（２０１４ U０６-P２４），でマルチインパクト仮説のモデルで月形成の必然起源説を述べた.

追加として，木星大赤斑の起源，小惑星帯の起源，地球分化隕石の起源，地球深海洋底の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，冥王星の起源，ダイヤモンドパイプの起源，コア偏芯の起源も述べた、

新たに月が常に地球を向いている起源，月の海の起源，月の裏側に海が無い理由は,右下の図の様に射出された地球マントルは内部程密度か大きく,月が偏芯することで表側に重い玄武岩が多く溶融カバーした地殻に隕石衝突して月の海が形成された.裏側に隕石が落ちても同じ地殻物質なら変化がない.地球と月の共通重心の周りを巴回転すると常に重い側を中心(地球)に向けて公転する.もちちろん地球は誕生から自転しており,衝突により更に加速し回転している.

Y. Toda and Y.阿部は、特別なメカニズムは不要であり表側と裏側の**ランダムな衝突数N**の差として説明でき,その結果として地殻のアンシンメトリーの確立後に月の潮汐ロックが起きる仮説[2]を述べている。しかし,そのN数差の原因を述べていないので結果論に過ぎない。

今までの月起源仮説は,*分化した火星が恣意的な角度と速度で偶然の衝突でマントルだけの月が,地球半径Reの三倍の軌道位置に形成されたシミュレーションデあった.*

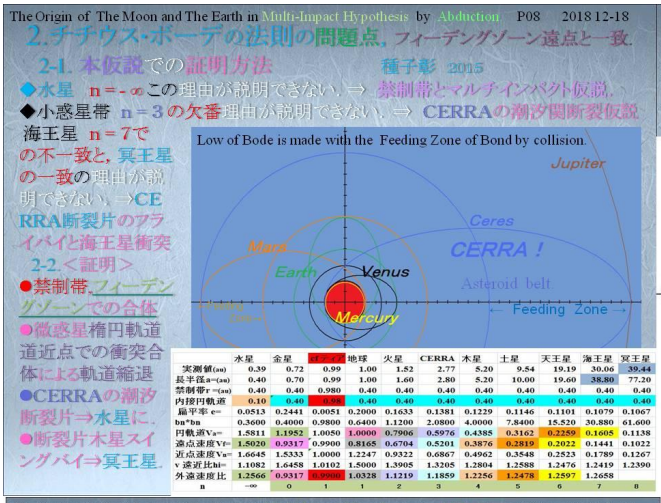
このマルチインパクト仮説ではボーデの法則で小惑星帯位置に形成された火星サイズの分化した原始惑星が,その外側に形成された木星の重力による摂動で,木星近点側に偏平化したCERRAが,太陽と木星の引力等分点で断裂し**シューメーカーレビ彗星の様にトレーンマントル偏烈片と成り**楕円軌道を周回する.地球軌道との交点で地球に時間差衝突する.此の時の角度と速度は計算できて,最初の衝突で太平洋と偏芯した月が,現在の月軌道エネルギー60・Reの位置に形成される.木星に衝突した破片は大赤斑と成り,破片のマントルは小惑星帯の起源と成った、アイソスタシーで**深さ五kmの深海洋底**の起源と成り,複数の衝突は生物種大絶滅の起源と成った.**テチス海形成**の高緯度衝突は,地軸傾斜と駆動方向の急変とプレート移動の引き金と成り,南極大陸は地軸のセンターに移動して不変と成った.環太平洋弧状列島と背弧海盆も**アイソスタシー**で説明できる.

一度だけの進化の結果を**一つの仮説モデル**で*約17項目の現状*を統一的に説明できる事は, **進化の必然結果**を用いて, **ミッシング・リンク**を検証できたと云える. より良い**仮説**が示されるまでは, **暫定モデルとしてはベスト**と思われる. 以上、

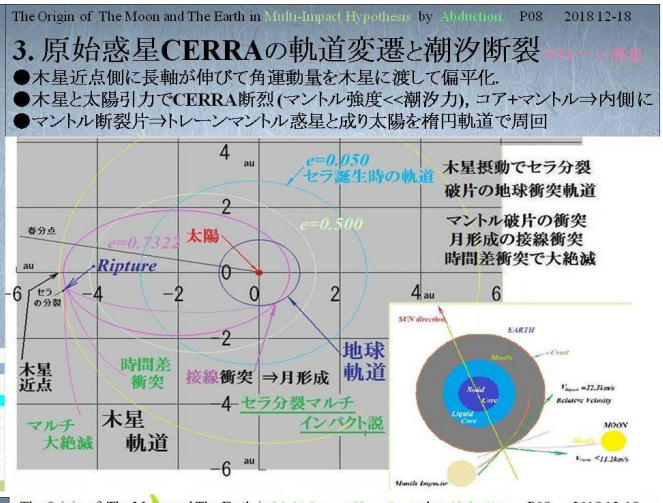
S-CG61,U-08,S-SS12,**P-PS06**,P-PS07 にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

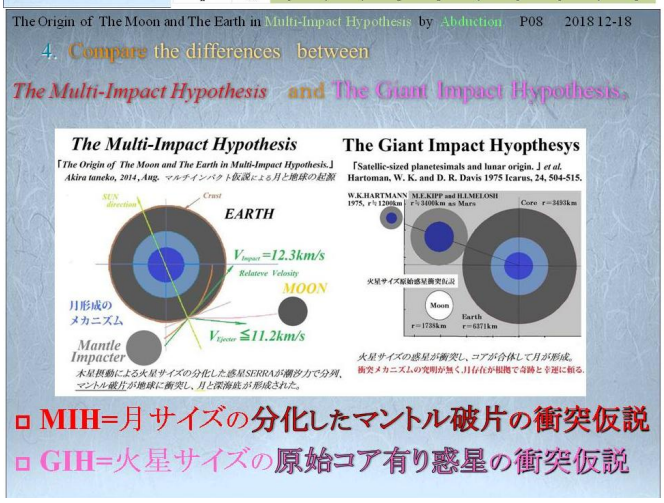
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

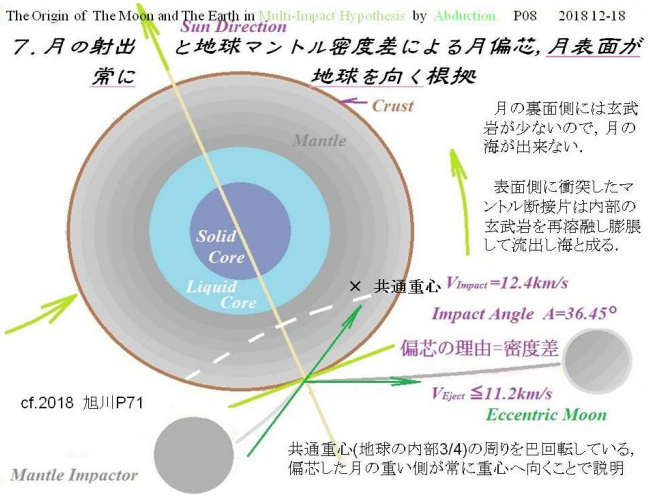
キーワード：月の起源、進化の結果を利用したアブダクションによる検証、月が常に地球を向いている起源、月の海の起源、月の裏側に海が無い理由
Keywords: Origin of the moon, Verification by Abduction using evolution results, Origin the moon is always facing the earth, origin of the moon sea, reasons why there is no ocean behind the moon



	水星	金星	地球	火星	CERRA	木星	土星	天王星	海王星	冥王星
実測値(au)	0.39	0.72	0.99	1.00	1.52	2.77	5.20	9.54	19.19	30.06	39.44
長半径a=(au)	0.40	0.70	0.99	1.00	1.60	2.80	5.20	10.00	19.60	38.80	77.20
禁制帯r =(au)	0.40	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
内接円軌道	0.10	0.40	0.980	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
扁平率 e=	0.0513	0.2441	0.0051	0.2000	0.1633	0.1381	0.1229	0.1146	0.1101	0.1079	0.1067
bn*bn	0.3600	0.4000	0.9800	0.6400	1.1200	2.0800	4.0000	7.8400	15.520	30.880	61.600
円軌道$V_{n=}$	1.5811	1.1952	1.0050	1.0000	0.7906	0.5976	0.4385	0.3162	0.2259	0.1605	0.1138
遠点速度$V_{F=}$	1.5020	0.9317	0.9900	0.8165	0.6704	0.5201	0.3876	0.2819	0.2022	0.1441	0.1022
近点速度$V_{n=}$	1.6645	1.5333	1.0000	1.2247	0.9322	0.6867	0.4962	0.3548	0.2523	0.1789	0.1267
v 遠近比h=	1.1082	1.6458	1.0102	1.5000	1.3905	1.3205	1.2804	1.2588	1.2476	1.2419	1.2390
外速速度比	1.2566	0.9317	0.9900	1.0328	1.1219	1.1859	1.2256	1.2478	1.2597	1.2658
n	-∞	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8







©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を一度限りの進化の複数(16)結果からアブダクションで検証する理論モデルを「マルチインパクト仮説」で，提案，

cf.シミュレーションはN数が1のアブダクション一例である．

Proposed the Good model to verifyOrigins of Solar System (Planet, Asteroid belt, Earth, Moon) *with "Multi Impact Hypothesis ",*from 16' results of one time Evolution *by Abduction.*

cf. Simulation is an example by Abduction from 1.

*種子 彰[1]
*Akira Taneko[1]

1. SEED SCIENCE Lab.
1. SEED SCIENCE Lab.

今まで**太陽系の起源の探究**を***帰納法や演繹法***で行ってきたが，**過去まで時間を遡れない為に,真理の探究**は**遅々として進まなかった.** 理論は詳細な実験の結果だけを複数の結果を説明する事で法則を検証してきた．
初期状態は不明で**再現実験の不可能**な**起源仮説の検証**は,現実に***一度限りの進化は起きた***ので，***現状と云う*太陽系の惑星や特に地球や月の複数の特徴**の**全て**を***統一的***に説明するAbductionと云う**方法**で検証できる。

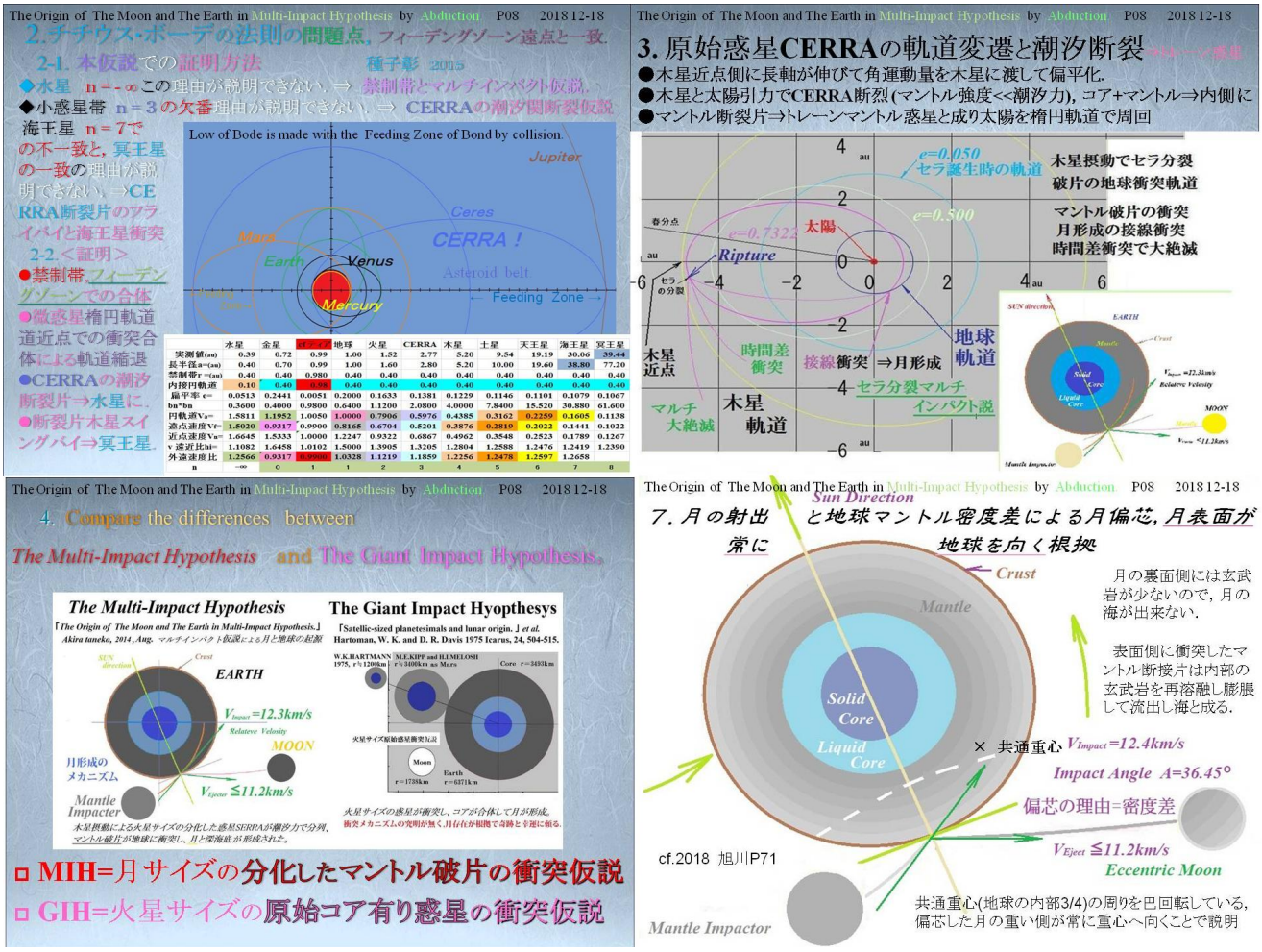
今までの月の起源仮説**「ジャイアントインパクト仮説」**は**マントルだけの月**をつくる**シミュレーション**であり，それ**以外の月の特徴は一つも*説明できなかった.*** アブダクションで云えばN=1の例証でしか無い、
しかし，**「マルチインパクト仮説」**は，**成分がマントルである月の起源**だけでなく，**月の軌道エネルギー**(60・Re)や，**月の偏芯**(常に**表面**が地球を向く)，**月の海の起源，月の裏面**に**海**が無い***理由も説明できた.***

更に月の起源仮説でありながら，**太陽系の他の特徴，小惑星帯の起源**や**分化した地球隕石の起源，地球の海(60%>,5km深さ)の起源，プレート境界の起源，プレートテクトニクスの起源，駆動力の起源，環太平洋孤児洋列島と背弧凹海盆の起源，プレート相互の重なりの起源，地軸傾斜の起源，ダイヤモンド鉱山の起源，バンアレン帯偏芯の起源，ティチス海の起源，地軸傾斜の起源，プレート移動方向急変の危険，生物種大絶滅の起源，木星大赤斑の起源，水星コアリッチの起源，冥王星の起源，アルプスとチベット高地の起源，大陸移動説の起源**まで統一的に説明できる事で，アブダクションとして検証できたと云える．特に，アイソスタシーによる平均5kmの深海底形成と，**アセノスフェアによるプレートのエアーホッケー状態は，慣性能率の偏芯による地球プレートの駆動力であり，*CERRA断裂による*CERRAマントル**の**トレーン小惑星**と成り，地球軌道との交点での衝突は，**月の射出と地球マントル欠損**であり，複数の海の起源であり，**生物種大絶滅の起源**でもある．地球マントルの亀裂はプレート境界の起源であり，**環太平洋背弧凹海盆はプレート重なりの起源**でもある．**高緯度衝突は地軸傾斜の起源**であり，***南極大陸が地軸へ収まり不動と成る事***が**駆動力の検証**でもある．
太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源を，一度限りの進化の*複数(16)結果*からアブダクションで検証する理論モデルを提案した．特に地球への**衝突速度と角度*(12.4km/s，36.4度)***と**月軌道エネルギー*(60・Re)***を示せたことは特筆に値する．ついでに**フィーデングゾーンとボーデの法則**も示せた．**理論モデル**と**アブダクションの勝利**である．

S-CG61,U-08,S-SS12,P-PS06,**P-PS07** にエントリーしました.口頭とポスター会場でお会いして議論して下さい.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：マルチインパクト仮説、アブダクションで検証、太陽系(惑星・小惑星帯・地球・月)の起源、一度限りの進化の複数(16)結果、起源の検証方法
Keywords: Multi Impact Hypothesis, Verify with Abduction, Origin of the Solar System (Planet, Asteroid Belt, Earth, Moon), Multiple (16) results of one time evolution, Method of verifying Origin



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火星古気候モデルへ向けた積雲対流スキームの導入
Quantitative evaluation of the cumulus convection schemes for the implementation into the Paleo Martian Global Climate Model

*鳥海 克成[1]、鎌田 有紘[1]、黒田 剛史[1,2]、寺田 直樹[1]、笠羽 康正[3]、村田 功[1]、中川 広務[1]
*Katsushige Toriumi[1], Arihiro Kamada[1], Takeshi Kuroda[1,2], Naoki Terada[1], Yasumasa Kasaba[3], Isao Murata[1], Hiromu Nakagawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星大気物理学分野、2. 情報通信開発機構、3. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻惑星プラズマ・大気研究センター
1. Tohoku university, Geophysics, Planetary Atmospheric Physics, 2. NICT, 3. Tohoku university, Geophysics, Planetary Plasma and Atmosperic Research Center

火星では流水活動を示す地形が多数発見され、38億年程度前の火星は液体の水が長期に渡って存在できる環境だったことが示唆されている。一方、当時の太陽放射強度は現在の70-80%程度であったとされ(暗い太陽のパラドックス)、強い温室効果をもつCO_2が2〜7bar程度存在したとしても、流水環境を生み出すために前提となる温暖な環境を維持することは難しいことが幾つかのモデル研究で示されてきた[e.g. *Kasting*, 1991;*Forget et al.*, 2013]。

我々は、太古の海洋存在下における水蒸気や雲による放射効果、土壌熱力学、海洋熱力学、水文過程を考慮に入れた火星古気候モデルを新たに開発し、液体の水が存在可能な温暖な火星環境および大部分の流水地形を再現することに成功してきた[Kamada et al., submitted to Icarus]。しかしこのモデルでは、サバエア大陸の高地などの一部の地域で流水地形が再現されていない。この原因としては、タルシス山地の形成前後による風系の変化、氷河流の未考慮などの要因が考えられる。その中の一つとして、このモデルにおける降水過程は大規模凝結のみを考慮し、積雲対流効果を考慮に入れていないことも考えられる。積雲対流効果は、大気の成層不安定状態を対流活動により解消し、対流性の降水を発生させるため、降水の地域分布と量に影響を与えうる。

本研究では、火星古気候モデルに積雲過程を表現するため、Kain-Fritsch スキーム[*Kain and Fritsch,* 1993]の導入を試みていく。このスキームは、格子中の積雲の効果をひとつの積雲の生成・成長・衰退に代表させて成層不安定性を解消させるものである。地球の大気大循環モデルにおいて広範に用いられている Relaxed Arakawa-Schubert スキーム[*Moorthi and Suarez*, 1991]は、格子中に異なる雲頂をもつ複数の積雲を扱えるが、雲質量フラックスを導出する過程などで地球での観測を考慮した単純化を行っており、このまま古火星に適用できるかは自明ではない。一方でKain-Fritsch スキームは、地球の経験的仮定に依存せず積雲の鉛直構造を直接計算する点で、火星古環境モデルにはより適していると考えられる。このスキームはアンサンブルという点ではRelaxed Arakawa-Schubert スキームには劣るが、将来的に高分解能を目指すのであれば、高分解能で精度の高いこのスキームを導入することには意義があると考える。最終的には、火星古気候モデルを高分解能（鉛直、水平共に）で回し、積雲対流モデルを導入した火星古気候モデルの妥当性、また水蒸気などの大気成分の長期的な輸送やかき混ぜから、流水地形に及ぼす影響を考察していく。

まず、観測データが多く、数値実験に基づいた理解も進んでいる地球の条件を設定したGCMにおいて、Kain-FritchスキームとRelaxed Arakawa-Schubertスキームによる雲構造や、熱収支、降水効果への影響の定量的な比較を行った。ここでの気温や降水量の外観的な結果は、両者で類似したものになると想定されたが、実際の計算結果では雲構造ではKain-Fritchスキームの方が低高度に広範囲の雲ができた。これは両者のデトレインメントの違いによるものであり、Kain-FritchスキームはRelaxed Arakawa-Schubertスキームよりも低高度で多くデトレインメントが起きていることが原因だと考えられる。次いで、このモデルに与える大気圧、大気組成、太陽フラックス、地形などをKamada et al. [submitted to Icarus] で適用した過去火星環境条件（0.5 –2.0 bar のCO_2大気）へ変更し、積雲対流スキームが作り出す雲構造の解析と水蒸気輸送の変化を、積

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雲対流スキームがない場合と比較し定性的・定量的に評価する。本講演では、この試行結果の総括および今後の展望について報告する。

キーワード：火星、GCM、バレーネットワーク
Keywords: Mars, GCM, Valley Networks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Forced libration of Ganymede including the visco-elastic tidal deformation

*小島 晋一郎[1]、木村 淳[1]、鎌田 俊一[2]
*shinichiro kojima[1], Jun Kimura[1], Shunichi Kamata[2]

1. 大阪大学大学院 理学研究科 宇宙地球科学専攻、2. 北海道大学 創成研究機構
1. Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University, 2. Creative Research Institution, Hokkaido University

From spacecraft observations and interior thermal modeling, Ganymede has been expected to possess a global ocean beneath its ice shell. To confirm an existence of the ocean, the JUICE (JUpiter ICy moons Explorer) mission has been prepared by ESA (The European Space Agency) and the spacecraft will be launched in 2022. After arriving at Jupiter system, the JUICE spacecraft is going to make several flybys Europa and Callisto and finally will orbits around Ganymede. During orbiting around Ganymede, the spacecraft will obtain several kinds of scientific data, for instance, surface topography from GALA (GAnymede Laser Altimeter) and surface images from JANUS (camera system). These data will provide important information about the tidal responses of Ganymede.

The tidal responses, e.g., tidal deformation and rotational variation, are caused by the gravitational force of other bodies such as a mother planet. The rotational variation includes libration, obliquity variation, nutation, and precession. In this study, we focus on the libration which is a spin rate variation caused by a torque acted on the aspherical degree-2 order-0 shape of the satellite. The libration changes the centrifugal force of a satellite and affects the tidal deformation. Inversely, tidal deformation affects the aspherical shape of the satellite.

Although Van Hoolst et al. (2013) has modeled the interaction of the tidal deformation and the libration, their tidal deformation models were simplified. In order to estimate an actual libration, we model 5-layered Ganymede interior and use the visco-elastic tidal deformation model constructed by Kamata et al. (2016). Our interior model consists of five layers, which have a homogeneous density and rigidity in each layer. The viscosities of the ocean, the high-pressure ice mantle, the rock mantle and the metallic core are homogeneous in each layer, and the viscosity of the ice shell is not homogeneous and depends on a radial temperature variation.
As a typical case, we use interior parameters which are the ice shell thickness of 155 km, the ice shell density of 940 kg/m^3 , the ocean thickness of 1 km, and the ocean density of 1050 kg/m^3 . Then we also use the three sets of a shell rigidity and a shell viscosity (1) 0.1 GPa and 10^{12} Pas, (2) 0.1 GPa and 10^{17} Pas, and (3) 10 GPa and 10^{17} Pas, respectively. The results for the libration amplitude are 34.1 m, 34.1 m, and 37.5 m respectively. As a conclusion, our calculation of the visco-elastic libration infer that the reference viscosity of ice (temperature-dependent viscosity of ice at a melting point) doesn’ t affect the amplitude of the shell libration. The ice rigidity affects the amplitude of the shell libration of order of a few meters.

キーワード：ガニメデ、潮汐変形、秤動
Keywords: Ganymede, tidal deformation, libration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Experimental study on collision destruction simulating the primitive meteorite parent body

*堀川 和洋[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、杉村 瞭[1]
*Horikawa Kazuhiro[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], Ryo Sugimura[1]

1. 神戸大学理学部
1. Kobe University Faculty of Science

We studied the impact strength of weak brittle materials changing the strength continuously from 40kPa to 800kPa, and found that the impact strength could be well scaled by using the non-dimensional impact strength.

Asteroids are believed to be constructed from various materials based on the long-term study related to meteorites. The components of S-type and C-type asteroids could be composed of chondrules and matrix; the chondrules are sub-mm size glass spherules and the matrix could be micron-size fine grained materials such as phyllosilicates and lithic fragments etc. Moreover, these components could have a wide range of porosity inside because they might be residual pore during the compaction process of planetesimals or relics of water ice or volatiles escaping from these bodies. Impact strength is one of the most important physical properties of asteroids because it could control the evolution of the size-frequency distribution of asteroids at the asteroid belt. The impact strength strongly depends on the asteroid size and it is dominated by the material strength at the size smaller than 100m, so that the impact strength should be determined by the laboratory experiments. Therefore, a lot of research have been conducted for rock, ice, and porous materials to investigate the material dependence, however the impact experiments using the target with the strength continuously changed have been hardly conducted so far. Then, we prepared the targets simulating asteroids composed of chondrules, matrix and pore and changed the internal structure of the target such as matrix ratio and porosity; the tensile strength was changed more than one order of magnitude, then we studied the relationship between the internal structure and the impact strength.

Impact experiments were conducted by using two-stage light gas gun at Kobe University, and we used a polycarbonate projectile with the size of 4.7mm and a nylon projectile with the size of 2mm and they were lunched at the velocity from 0.9km/s to 5.7km/s. The impact was conducted at a head-on collision. A spherical target with the size of 60mm were prepared by using quartz sands with the size of 100 μm and porous gypsum, and they are mixed with various mass ratio of quarts to gypsum from 2:1 to 8:1. The tensile strength of these materials (Y_t) was measured by using Brazilian test and it was found that the tensile strength changed from 40kPa to 800kPa with the increase of the gypsum mass ratio. The impact disruption was observed by a high-speed camera at 10^5fps.

The impact strength (Q*) was determined by using a largest fragment mass for each shot, and Q* was found to change from 400J/kg to 1900J/kg with the increase of the gypsum mass ratio. This means that the Q* is directly proportional to the tensile strength. However, the ejection velocity at an antipodal point (v_a), which was measured by using high-speed images, showed the almost similar results, irrespective of the tensile strength. A non-dimensional impact strength (P_I) is defined as the ratio of the target tensile strength to the antipodal pressure such as P_I=Y_t/P_a, where P_a is calculated by ρ C_b v_a/2. This P_I was proposed to scale the target with the different tensile strength. Then, the relationship between the largest fragment mass and P_I was examined to discuss the P_I scaling law for the catastrophic disruption.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

We found that P_I is able to scale the largest fragment data very well, and this might mean that P_I could be applicable to asteroid components composed of weak brittle materials.

キーワード：衝突破壊、強度、衝突破壊強度
Keywords: collisional disruption, strength, impact strength

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere

*八木 亮輔[1]、寺田 直樹[1]
*Ryosuke Yagi[1], Naoki Terada[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Planetary Atmospheric Physics Group, Tohoku University, Japan

The purpose of this study is to investigate the evolution of atmospheric composition in the early Martian atmosphere. Not only hydrogen and oxygen but also carbon escape to space is considered in this study. The early Martian atmosphere was influenced by a stronger Sun’ EUV radiation than today. The escape parameter, defined as the ratio of the gravitational potential to kinetic energy at a given altitude, could be small enough to allow massive escapes of these species under such a strong radiation. For example, the escape parameter of atomic carbon in the Martian atmosphere was estimated 0.8 times smaller than that of atomic oxygen and both densities at the exobase level were comparable at 4.1 Gyr ago (Tian et al., 2009). Hence, we consider that in early Mars, thermal escape of atomic carbon could be stronger than atomic oxygen, and oxygen dissociated from CO2 was left behind in the atmosphere. Assuming that the escape rates of atomic carbon and atomic oxygen were in the same proportion, we get results that carbon disappeared in 5 Myrs from 1 bar of CO2 atmosphere and only 0.4 bar of oxygen atmosphere remained around 4.2 Gyr ago. On the other hand, it was suggested that the Martian atmosphere about 3.5 Gyr ago could have several mbar or more of oxygen partial pressure(Noda et al., 2018). In the present study, we have developed a 1-D photochemical model of the early Martian atmosphere to investigate the evolution of the atmospheric composition, in particular from 4.2 to 3.5 Gyr ago. This model includes not only the effect of escapes of hydrogen, oxygen and carbon but also that of deposition to surface and degassing. In this presentation, we will show the influence of the atomic carbon escape to the evolution of oxygen partial pressure left behind in the early Martian atmosphere.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Observation of catastrophic destruction of two different targets using X Ray photography

*長野 巧[1]、荒川 政彦[1]、保井 みなみ[1]、中村 誠人[1]、長友 文哉[1]
*Takumi Nagano[1], Masahiko Arakawa[1], Minami Yasui[1], masato nakamura[1], Fumiya Nagatomo[1]

1. 神戸大学理学部
1. Faculty of Science Kobe University

We studied the dependence of physical properties of planetesimals on the impact strength in the gravity regime, then we made laboratory impact experiments by using a Flash X-ray for porous gypsum and dry clay simulating planetesimals in order to obtain the relationship between impact fragment masses and ejection velocities.

The impact strength of planetesimals is one of the most important physical properties to clarify the planetary accretion process and the formation process of proto-planets and asteroids. Thus, the impact strength in the strength regime applicable to planetary bodies smaller than 100 m has been mainly studied in laboratory experiments. However, the impact strength in the gravity regime applicable to planetary bodies larger than planetesimals has been studied only by numerical simulations, and their results are not consistent with each other. Furthermore, recent numerical results conducted by Jutzi (2016) showed us that the material properties such as friction, cohesion and porosity affected the impact strength in the gravity regime drastically. Then, we made laboratory impact experiments to elucidate the material dependence on the impact strength in the gravity regime.

In order to determine the impact strength in the gravity regime by the laboratory experiments, we should obtain the relationships between the impact fragment masses and the ejection velocities, and especially, the fragments ejected from the interior of the disrupted target must be observed to construct the velocity −mass relationship for all the fragments. Then, we introduced 3 sets of flash X-ray generators and imaging plates to take transmitted X-ray images of a target with 3 mm steel balls arranged in it. These steel balls were used as makers of the motion of impact fragments, and the time sequence of these balls were observed by using X-rays to analyze the local velocities of the target’ s interior.

Impact experiments were conducted by using a polycarbonate projectile with the size of 7mm at the velocity of 2 −5 km/s, and the projectile was impacted on a spherical target with the size of 6 cm in a head-on collision. We used porous gypsum targets with the porosity of 50% and the tensile strength from 1 to 2 MPa and dry clay targets with the porosity of 48 % and the tensile strength different from the porous gypsum. All the targets were catastrophically disrupted into the largest fragment mass less than 0.2. As a result, we determined an upper limit of ejection velocities having a half mass of the target for each experiment, and we defined this upper velocity as a median velocity of V*. So, we studied how V* depended on the energy density, tensile strength and porosity, then we found that V* increased with the energy density for both targets. Moreover, we found that it strongly depended on the target porosity when it was compared with the previous result for the frozen clay with the similar tensile strength but without porosity, the V* for porous gypsum reduced to be 1/3 for the frozen clay. The V* for the dry clay was almost similar to that for the porous gypsum, thus this might mean that the tensile strength does not affect the V* even for the porous target.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：破壊
Keywords: Destruction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

天体衝突で発生する放出物カーテン中の電荷移動
Charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts

*黒澤 耕介[1]、岩澤 聖徳[2]、奥住 聡[2]、長谷川 直[3]、村主 崇行[4]
*Kosuke Kurosawa[1], Takanori Iwasawa[2], Satoshi Okuzumi[2], Sunao Hasegawa[3], Takayuki Muranushi[4]

1. 千葉工業大学　惑星探査研究センター、2. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、3. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、4. 理化学研究所 計算科学研究機構
1. Planetary Exploration Research Center, Chiba Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 3. ISAS, JAXA, 4. AICS, RIKEN

We studied the charge transport between granular particles in an ejecta curtain produced by hypervelocity impacts to access the energy partitioning from the initial kinetic energy to the electrostatic one having the ejecta curtain. We conducted both hypervelocity impact experiments and numerical calculations. The impact experiments were done at ISAS/JAXA hypervelocity impact facility. A vertical gun was used to use granular materials as a target. High-speed video cameras for the visible and infrared were used to observed an impact-generated ejecta curtain. Any light sources were not used in this experiment. We constructed a numerical model by combining the iSALE shock physics code and the REBOUND N-body integrator. The processes of impact ejection under the conditions similar to the laboratory experiments were solved by the iSALE. The time at the ejection, ejection velocity, and the launch position of each particle was extracted as a txt file. Then, the txt file was imported in the REBOUND as a input file. At this time, we added random velocities to simulate the velocity dispersion. Although the dispersion would be inevitably added to each ejected particles in nature, it cannot be modeled in the hydrocode. The absolute magnitude of the random velocity was treated as a free parameter. Subsequent particle motions under the Earth’s gravity field and the resistance force by the surrounding air were calculated. The decceleration due to inelastic collisions and charge transport between particles were included into the calculations. The restitution coefficient was also treated as a free parameter. The degree of charge separation was given by an empirical law proposed by the previous experiment. The results are summarized as follows; (1) We did not observe a large-scale discharge in an ejecta curtain under the experimental condition, (2) we observed a number of bright points along with an produced-ejection flow, (3) we observed a mesh pattern in the ejecta curtain as well as a previous study, (4) we reproduced the mesh pattern in the REBOUND when we chose the degree of the random velocity to be 5-15% of the ejection velocities at the restitution coefficient of 0.8, (5) mutual collisions between granular particles cease at the early stage of the growth of the ejecta curtain, (6) the end time of the mutual collisions depends on the atmospheric pressure, and (7) the empirical law pertaining to the charge separation yields an unphysically-high electrostatic energy. In the presentation, we will present the current status of our research development and discuss the future plans.

Acknowledgements:We thank the developers of iSALE, including G. Collins, K. Wün- nemann, B. Ivanov, J. Melosh, and D. Elbeshausen. We also appreciate the developers of REBOUND, including Hanno Rein, ShangfeiLiu, David S. Spiegel, Akihiko Fujii, and Dan Tamayo.

キーワード：天体衝突、放出物カーテン、電荷移動

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Hypervelocity impacts, Ejecta curtain, Charge transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展

Nonlinear outcome of gravitational instability in irradiated protoplanetary disks

*廣瀬 重信[1]、Shi Jiming[2]
*Shigenobu Hirose[1], Jiming Shi[2]

1. 海洋研究開発機構、2. Spotify USA Inc
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Spotify USA Inc

シアリングボックスにおける３次元輻射流体力学シミュレーションを用いて、中心星からの可視光照射を受ける原始惑星系円盤における重力不安定の非線形発展を、中心星からの距離rと面密度Σからなるパラメータ空間で調べた。どのパラメータでも、初期条件とした層流からはまず軸対称密度波が現れるが、自己重力の度合いは、rが大きくしたがって冷却時間が短いほど、あるいはΣが大きいほど、大きくなっている。この密度波はある程度成長すると非軸対称モードに対して不安定化して分裂し、最終的には、熱的なバランスが取れた重力乱流状態になるか、自己重力で束縛されたガス塊が形成される。その境界は、r-Σ空間において、r=75 AUと、$\Sigma=\Sigma_{0.2}$（初期のToomre Q値が0.2に相当するΣ）に見られる。前者は、冷却時間が$1/2\pi$回転周期にまで減少する半径に相当し、それを超えると冷却と加熱のバランスが取れなくなるため、ガス塊が形成される。この半径近傍では、たとえ一旦重力乱流状態になったとしても、その冷却時間の短さから密度の振幅が大きくなるため、いずれガス塊の形成に至る可能性が高い。一方、Σが後者の値を超えると、初期の層流が重力的にあまりにも不安定なため、半径（すなわち冷却時間の長短）にかかわらず、必然的にガス塊が形成されることになる。このように、原始惑星系円盤における重力不安定によるガス天体形成には、二つの異なる経路があり得る。なお、形成されたガス塊の中心への質量集中が大きく、温度が水素分子の解離温度を超えると、逃走的収縮が起こる。

キーワード：原始惑星系円盤、重力不安定、流体力学シミュレーション
Keywords: Protoplanetary disks, Gravitational instability, Hydrodynamics simulations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粘土ペーストのレオロジーと火星表面地形の形成要因への応用
Rheology of clay paste and application to the investigation of formation process of surface topography on the Mars

*植村 千尋[1]、岩田 隆浩[1,2]、中原 明生[3]、松尾 洋介[3]、臼井 寛裕[2]、野口 里奈[2]
*Chihiro Uemura[1], Takahiro Iwata[1,2], Akio Nakahara[3], Yosuke Matsuo[3], Tomohiro Usui[2], Rina Noguchi[2]

1. 総合研究大学院大学、2. 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所、3. 日本大学
1. SOKENDAI, 2. ISAS/JAXA, 3. Nihon Univ.

火星表面には水が関与して出来たとされる地形が多く存在する。中でもRSL(Reccuring Slope Lineae)は現在でも季節変化によって発生・消失を繰り返し、水の関与が強く示唆される地形である。この形成要因については、砂が流れることで形成されるという説も存在し、未だ議論が収束していない。

水が流れる時は、周囲の土砂を巻き込み、ペースト状態となる。このペーストは興味深い性質を持ち、惑星科学だけでなく物理的にも研究の対象となっている。ペーストは粒子間に働く力の種類によって引力系、斥力系の2種類に分けられる。このうち、斥力系の粒子のペーストについてはよく調べられて来た。一方、粒子間には引力が働く系の性質については未だ明らかではない。しかし、火星表面にも存在する粘土鉱物は引力の働く系であり、粘土ペーストの流動性(レオロジー)は火星表面地形を理解する上で、重要である。また、RSLのように温度依存性が示唆される地形も存在することから、本研究では特にレオロジー(降伏応力、粘性率)の温度依存性に注目し、引力系ペーストの性質を調べる実験を行なった。

<実験方法>

粘土鉱物と同じく、粒子間に引力の働く炭酸水酸化マグネシウムを使用した。測定にはレオメーター(Anton Paar, Physica, MCR-301)を用いた。二重円筒型の流路を使用し、ペーストに対して時間とともに線形的に増加するせん断応力をかけた時に得られるせん断速度を測定した。異なる5通りの固相率のペーストに対し，0℃～75℃まで25度刻みで4つの温度について各4回ずつ測定を行い、得られたデータから降伏応力及び粘性率を求めた。

<結果>

通常の弾塑性体の降伏応力は温度の上昇に伴って減少するが、本研究では引力系ペーストにおいては降伏応力は温度の上昇に伴って大きくなるという逆の結果が得られた。理論モデルの解析により斥力系ペーストでは降伏応力は絶対温度に比例して増加するとの予測はあるものの、引力系ペーストの降伏応力の増加率は斥力系ペーストの理論予測をはるかに上回ることを示した。

粘性率については降伏応力とは異なり、通常の粘性流体と同様に温度の上昇に伴い粘性率が減少する傾向が見られた。これは、温度の上昇に伴い、溶媒である水の粘性率が低下する影響であると考えられる。

<考察>

実験結果から引力系のペーストのレオロジーは斥力系よりも強く温度に依存することがわかった。この原因として、温度変化に伴い、(1)粒子の電荷が変化(2)粘性の変化などの要因が考えられる。今後、実験・シミュレーションを通して明らかにしていきたい。

また、将来的にはこれらの実験結果を火星地形に適用し、形成要因へ制限をつけたい。そのためには、火星環境では実験結果がどう変わるのか等検討していく必要がある。

キーワード：火星、RSL、レオロジー、降伏応力、粘土ペースト

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Mars, RSL, rheology, yield stress, clay paste

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ストリーミング不安定の発生機構の物理的解釈
An Explanation for Physical Mechanism of the Streaming Instability

*金子 寛明[1]
*Hiroaki Kaneko[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institude of Technology

惑星は、固体微粒子が集まって形成された大きさ数kmないし数十kmほどの微惑星という天体を経て形成されると考えられている。しかし，数十 cmサイズのダストは1 auの位置から100年ほどの極めて短いタイムスケールで中心星に落ちてしまう。このダストの落下問題によって微惑星形成は困難とされる中、Youdin & Goodman (2005)(YG05)が発見したダスト・ガスの二流体の線形不安定 “Streaming Instability” (SI) によるダスト密度上昇とそれに続く自己重力崩壊が微惑星形成の一つの可能性として考えられている。SIについては線形および非線形の数値計算がされていて不安定が存在することは確かであるものの、分散関係式が高次に及ぶこともありメカニズムは難解である。Jacquet, Balbus, & Latter (2011)(JBL11) はterminal velocity approximationを用いた連続の式の変形から、その解釈を試みている。その説明は次のようなものである。

1. ガスの高圧の部分にダストが溜められる。

2. ダストはガスを引きずって、この高圧の部分にガスを集める。

3. 高圧部の圧力がさらに強まり、不安定が成長する。高圧部では圧力勾配によってガスは分散しようとするが、コリオリ力とダストによるドラッグが地衡風平衡を保っている。

この説明では赤道平面内でメカニズムが完結しているが、 YG05では鉛直方向の移流のほうが半径方向よりも卓越していて、かつ、密度の極大に向かっているとあり、JBL11の説明には疑問が残る。

本研究ではYG05が用いているTerminal velocity approximationによって簡単化された分散関係式の解析を行い、ダスト密度やガス圧力、ダストの半径方向、鉛直方向の速度の揺らぎについて成長する波の成分の位相関係を計算する。これにより、JBL11とは異なり、鉛直方向の運動も考慮したSIのメカニズムの説明を考える。

本研究で得たSIのメカニズムは以下の通りである。

1. 基本場としてガスはダストから角運動量を受け取り、中心星より遠方へと運動する。ダスト密度に濃淡があると、ダスト密度の違いによってガスへの角運動量の供給に違いが生じ、半径方向にガス圧力の揺らぎができる。

2. 高圧部からは鉛直方向にガスが流出し、低圧部にはガスが流入する。ダストもこれに引きずられ、同様に高圧部から流出、低圧部に流入する。

3. ダスト密度の揺らぎの位相は中心星方向に進む。ダスト密度の極大はガスの低圧部へと向かい、そこで鉛直方向から流入するダストと合流し、ダスト密度の揺らぎの振幅が大きくなる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

この説明は，線形解析で得られる揺らぎの動きを全て矛盾なく捉えていることはもちろん，物理的にもわかりやすいものであると思われる。

キーワード：ストリーミング不安定、原始惑星系円盤、微惑星形成、流体力学、線形安定解析
Keywords: Streaming Instability, protoplanetary disk, protoplanetesimal formation, hydrodynamics, linear stability analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Spatial motion of the Earth-Moon system and Earth pole oscillatory process

*Alexandra Sergeevna Filippova[1], Vadim Vladimirovich Perepelkin[1], Wai Yan Soe[1]

1. Moscow Aviation Institute

The variation of the Chandler and annual components of the polar motion are of a significant interest in the Earth pole oscillatory process research. Generally these variations are quasiperiodic. But some regular oscillations can be isolated from it that correspond with the basic periods of the lunar motion. Here we discuss the theoretical assumptions of the observed effect as well as the experimental rules that illustrate the relationship between the Earth pole oscillations and the lunar motion.
The complex process of the Earth pole oscillations includes components with frequency and amplitude that differ significantly from each other. Processing the pole motion observations over the last 100 years result in statistically convincing definition of the main characteristics in its oscillatory process. Basic components in the Earth pole motion are Chandler wobble, annual oscillation and also polar motion's trend. Observed Earth pole oscillations have a wobbling character. The trajectory of the pole on the Earth surface is a winding and unwinding spiral with a period of about six years.
Actual problem that was stated by P. Melchior (Melchior, 1972) about the instability in the basic components parameters of the Earth pole is still not sufficiently explored. This problem is connected with the exploring the celestial-mechanics' and geophysical causes of such behavior in the Chandler and annual components, and also with the construction of the refined models of the forecasting the Earth orientation parameters for long time intervals.
In this work along with the common methods of the separating the pole oscillation process into the Chandler and annual components we suggest an approach to the resulted Earth pole trajectory research. For the purpose of analyzing the nonstationary resulted pole motion a perturbed trajectory is isolated. For the unperturbed trajectory a “mean” one is chosen –the Earth pole trajectory where the Chandler and annual oscillation parameters have mean values.
The differential equations for the amplitude a and phase ψ of the Earth pole modulation motion can be derived from the dynamical Euler–Liouville equations of Earth motion around its center of mass (Markov, Perepelkin et al, Astronomy Reports, 2018 and Markov, Perepelkin at al, Doklady Physics, 2017).
It is shown that the significant impact into the variations of the basic pole oscillation components is given by the long-term perturbations from the lunar orbit. The analysis of these perturbations is held using the wavelet and Fourier transformations. On the long time interval it shows matching phases of the perturbed polar motion and the lunar orbit motion using the available series of observations C04 and C01 from the International Earth Rotation and Reference Systems Service. This feature can be used to refine the model of the forecasting the Earth pole oscillations. And taking into account these structural features of the oscillations the refined numerical-analytical model of the Earth pole motion is presented.
Thus the graphical correspondence between the Earth pole oscillations and the motion of the lunar orbit is presented. It is shown that the refined model gives a more accurate description of the Earth pole motion by comparing the model computation results with the observations made by the International Earth Rotation and Reference Systems Service.

Keywords: Earth pole oscillations, Numerical-analytical model, Chandler Wobble, Lunar orbit perturbations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ダスト高密度領域における雷によるコンドリュール形成モデル
Chondrule formation model by lightning in high dust density regions

*池田 千尋[1]、中本 泰史[1]
*Chihiro Ikeda[1], Taishi Nakamoto[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

コンドリュールは半径0.1-1 mmの球状の組織で、コンドライト隕石の主要な構成要素である(Scott 2007)。コンドリュールは太陽系形成初期に形成されたことが分かっている。そのため、コンドリュールは初期太陽系星雲についての重要な情報を持っている可能性がある。コンドリュールは初期太陽系星雲内でダスト粒子が数分以内で加熱されて溶融し、1-1000 K/hourの速度で冷却され固まったと考えられている(Desch et al. 2012)。また、コンドリュールは揮発性物質を含むことから、ダスト密度の高い領域で形成されたとされている (Alexander et al. 2008)。コンドリュールの形成メカニズムは解明されていないが、衝撃波、天体衝突、X-wind、雷によって形成されたとする説がある。本研究では、雷によるコンドリュール形成について、コンドリュール の熱進化の観点から研究を行った。

コンドリュールの熱進化は今までに、Horanyi et al. (1995)で研究された。この研究では初期太陽系星雲での雷の発生を仮定し、雷内のガスとダストの時間進化についての数値計算を行い、コンドリュールの熱進化を計算した。計算の結果得られたコンドリュールの冷却速度は、結晶組織の分析から推定されているコンドリュールの冷却速度よりも速くなった。一方、雷の発生についての研究によると、雷の発生にはダストとガスの質量比は100:1以上である必要がある (Muranushi 2010)。しかし、Horanyi et al. (1995)では雷の内部にはダスト粒子が1個だけ存在する状況を考えていた。
本研究ではダスト密度の高い領域での雷の発生を考え、コンドリュールの熱進化を数値計算した。特に、ダスト密度が高い状況でコンドリュール形成の冷却速度条件を満たすことができるのかを調べた。その結果、コンドリュール形成条件に合う状況が存在することが分かった。本研究により、初期太陽系星雲において、雷によるコンドリュール形成が可能であることが示唆された。

キーワード：コンドリュール、雷
Keywords: chondrule, lightning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

成層圏におけるスーパーローテーションへの移行に関する研究
The transition to superrotation in stratospheric atmospheres

*墨 幹[1]
*Motoki Sumi[1]

1. 東京工業大学
1. Tokyo Institute of Technology

タイタンは発達した大気や地表面に安定した液体を太陽系内の衛星で唯一持っている天体である。その観測の歴史は1908年に大気の存在が示唆されたところから始まる。1970年代には観測技術の進歩からタイタン大気の温度構造や大気組成が明らかになってきた。また、1997年に打ち上げられたCassini-Huygens探査機では、土星系を訪れ、Huygensプローブをタイタン大気に突入させ、高精度の観測を行った。現在では、ALMA望遠鏡による地上サブミリ波観測が行われており、高解像度での観測が可能になっている。

タイタン大気の特徴として全球規模で自転を追い越す向きの高速東西風であるスーパーローテーションの存在が観測で明らかになっている。その風速はHuygensの突入した南緯約10度において高度120㎞近くで東向きに100m/sにも及ぶが、観測データの少なさや大気構造の複雑さからそのメカニズムの究明に難航している。また、スーパーローテーションの生成メカニズムも統一した理論は完成しておらず、さまざまな理論が提唱されている。代表的なものとして、Gieraschにより提案されたGierasch メカニズムやFelsとLindzenにより提案された熱潮汐波によるメカニズムがある。

本研究では、地球モデルを用いて、惑星半径のみを変えてスーパーローテーションを発生させる実験を行った。数値モデルとして地球流体電脳倶楽部の開発する、惑星大気大循環の数値シミュレーションモデルDCPAM5を用いた。乾燥大気を仮定しモデルの基礎方程式系として、プリミティブ方程式を用いた。加熱・冷却過程としてHeld and Suarez(1994)モデルに成層圏の圧力依存性を加えたWilliamson(1997)のモデルを用いた。計算時間は十分定常性が確認できた1080日までの時間発展計算を行い、描画では計算終了の360日間を時間平均した。

はじめに、温度場、質量輸送分布、東西風速場の東西平均を出力し、大気の子午面空間の構造を比較し、スーパーローテーションの発生している設定、高度などの分布を調べた。地球モデルでは対流圏と成層圏の中緯度で西風ジェット気流が発生したが、赤道では東風が吹いている。惑星半径を小さくすると、対流圏では赤道でも西風が加速され、スーパーローテーションが発生した。成層圏では下層で赤道スーパーローテーションが発生したが、成層圏上層では中高緯度にジェットが発生したのみで赤道では高速の西風までは発生しなかった。

次に、角運動量を赤道上層に維持するメカニズムを調べるために、温度の帯状擾乱の分散、東西風速場の帯状擾乱スペクトルを出力し、大気中に存在する波の構造をまとめた。対流圏において地球モデルでは、中緯度に帯状波数4以上の波が多く存在し、中緯度に東向きの角運動量が集積された。しかし、惑星半径を小さくしていくと、帯状波数の大きい波が減少し、波数1付近の全球規模の波が卓越している。成層圏においても同様に地球モデルでは対流圏ほどではないが波数の大きい波が存在している一方で、惑星半径を小さくしていくと、波数の小さい波しか残らなくなる。

しかし、成層圏では赤道スーパーローテーションと中高緯度ジェットが高度の異なる領域に発生しており、スーパーローテーションを維持するメカニズムは対流圏でのメカニズムと多少異なる可能性がある。その違いについて更なる解析が必要である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ExPRES: a Tool to Simulate Exoplanetary and Planetary Radio Emissions

*Corentin LOUIS[1,2,3], Sebastien L. Hess[4], Baptiste Cecconi[2,3], Philippe Zarka[2,3], Laurent Lamy[2,3], Stéphane Aicardi[5], Alan Loh[2]

1. IRAP, Toulouse, 2. LESIA - Observatoire de Paris, 3. USN, Observatoire de Paris, 4. ONERA-The French Aerospace Lab, FR-31055 Toulouse, France, 5. DIO, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Paris, France

All magnetized planets are known to produce intense non–thermal radio emissions through a mechanism known as Cyclotron Maser Instability (CMI), requiring the presence of accelerated electrons generally arising from magnetospheric current systems. In return, radio emissions are a good probe of these current systems and acceleration processes. The CMI generates highly anisotropic emissions and leads to important visibility effects, which have to be taken into account when interpreting the data. Several studies showed that modeling the radio source anisotropic beaming pattern can reveal a wealth of physical information about the planetary or exoplanetary magnetospheres that produce these emissions. We present a numerical tool, called ExPRES (Exoplanetary and Planetary Radio Emission Simulator), which is able to reproduce the occurrence in time–frequency plane of CMI–generated radio emissions from planetary magnetospheres, exoplanets or star–planet interacting systems. Special attention is given to the computation of the radio emission beaming at and near its source. We explain what physical information about the system can be drawn from such radio observations, and how it is obtained. These information may include the location and dynamics of the radio sources, the type of current system leading to electron acceleration and their energy and, for exoplanetary systems, the magnetic field strength, the orbital period of the emitting body and the rotation period, tilt and offset of the planetary magnetic field. Most of these parameters can be remotely measured only via radio observations. The ExPRES code provides the proper framework of analysis and interpretation for past (Cassini, Voyager, Galileo. . .), current (*Juno*, ground-based radiotelescopes) and future (BepiColombo, Juice) observations of planetary radio emissions, as well as for future detection of radio emissions from exoplanetary systems (or magnetic white dwarf–planet or white dwarf–brown dwarf systems). Our methodology can be easily adapted to simulate specific observations, once effective detection is achieved.

Keywords: Planetsandsatellites:Aurorae, Radiocontinuum:Planetarysystems, Radioemissions simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Crustal structures of major mercurian basins

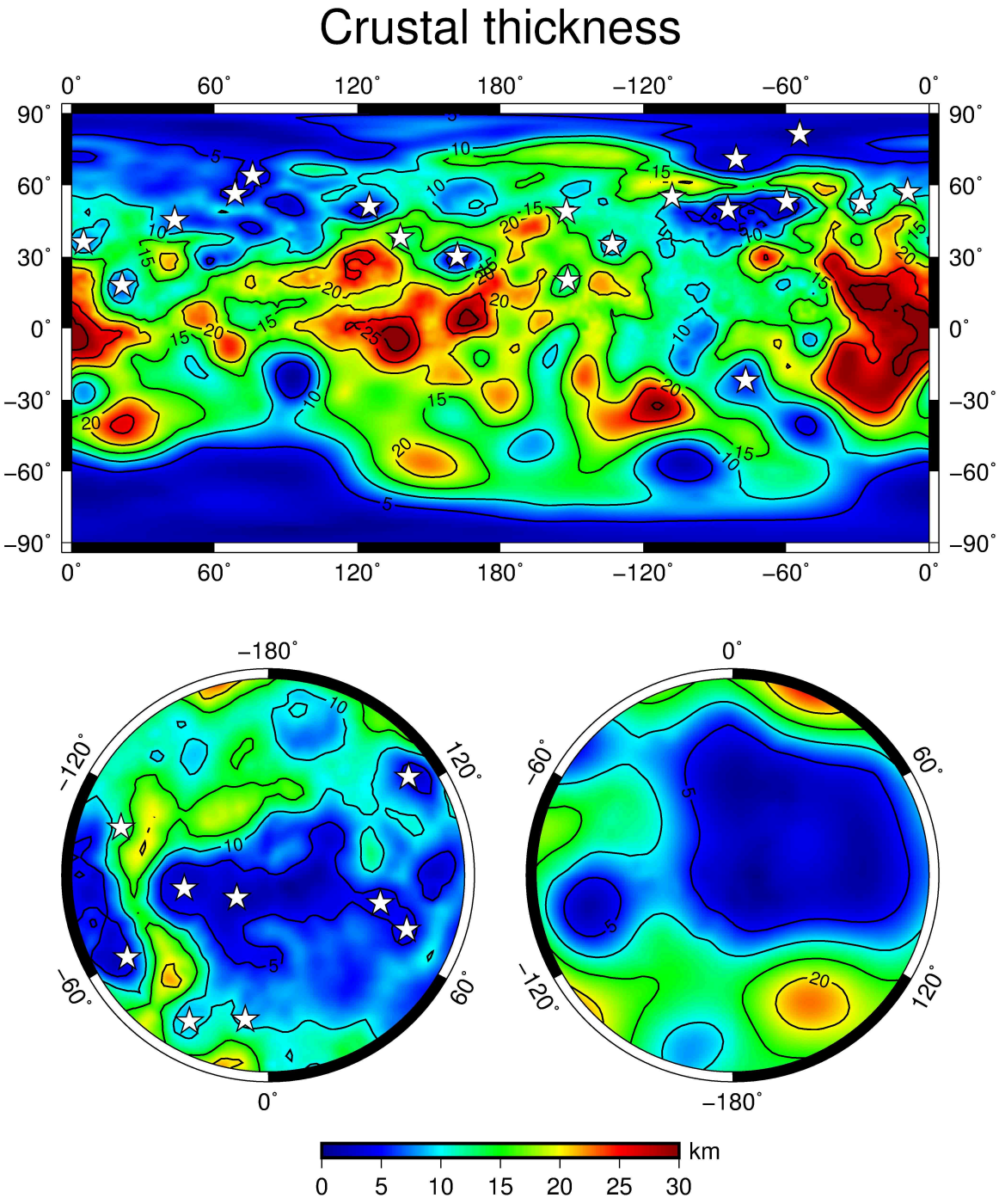
*Qingyun Deng[1], Fei Li[1], Jianguo Yan[1], Zhiyong Xiao[2]

1. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 2. Planetary Science Institute, China University of Geoscience

Mercury is the innermost planet in the solar system. Its surface resembles to the Moon, which is characterized with large number of impact basins, indicating an intensive bombardment history. From the data acquired by previous Mercury missions, the spatial distribution, relative age, and morphology of impact basins on Mercury is studied. Gravity data from NASA MESSENGER mission revealed the crustal structures of mercurian basins, providing information about the crust properties of the early Mercury when those basins formed. In this work, the crustal thickness ratio for each basin is calculated from global crustal thickness model obtained by inverting gravity data. The relation between crustal thickness ratio, basin relaxation state, and relative age is investigated and some implication for the early evolution of Mercury is discussed.

Keywords: crustal structures, impact basin, gravity anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Application of LiDAR Technique for the 3D Digital Documentation of Cultural Heritage Sites

*Sachchidanand -[1], Mayank Sharma[1], Rahul Dev Garg[1]

1. Indian Institute of Technology Roorkee

Now a day’ s remote sensing and geospatial techniques are gaining popularity as they offer correct and precise information of any object situated at a distant place. Advanced remote sensing techniques like terrestrial laser scanning (TLS), mobile laser scanner(MLS), close range photogrammetry(CRP), smart total station(STS) and GNSS are the useful techniques for creating a 3D (three-dimensional) documentation of complex engineering structures or cultural heritage sites. The integration of these techniques with other methods like topographic survey or physical measurement method also offer the potential to the user to perform a complete 3D documentation of any structure.

This paper presents a methodological framework for the 3D digital documentation of cultural heritage sites from laser scanned datasets. The framework includes acquisition of point cloud datasets through laser scanners and their conversion to 3D models. 3D models are useful for planning and surface detail measurements. Detailed planimetric and elevation information or plans could be easily extracted from developed 3D models. These planimetric informations and elevation plans are useful for the conservation and preservation of structure, and can help in restoration of these structures in case of any damage due to natural disasters or other seismic activities.

Keywords: TERRESTRIAL LASER SCANNER, 3D DIGITAL DOCUMENTATION, ELEVATION PLAN, POINT CLOUD, SOLID 3D MODEL

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Tidal Interaction in the Earth-Moon System Treated as a Double Planet

*Aleksandr Aphanasievich Zlenko[1], Irina Michailovna Ryabikova[2]

1. Department of high mathematics, Moscow automobile and road construction state technical university, 2. Department of descriptive geometry, Moscow automobile and road construction state technical university

Our approach to the phenomenon of tides differs from the traditional one, in which an empirically tidal potential with Love numbers is introduced. We consider the motion of two viscoelastic bodies, the Earth and the Moon treated as a double planet, in the gravitational field of a massive point, the Sun.The deformations of the bodies are described by the classical theory of small deformations. The influence of viscous forces is described by the dissipative functional of the Kelvin-Voigt model. The quasi-static equation of the elasticity theory is solved for obtaining the displacements of body points. The method of averaging and separation of motion is used for solving of this equation. The displacements of each point of the deformable body consist of displacements caused by centrifugal forces, the forces due to body elasticity and dissipative forces due to body viscosity. Substituting these displacements in the potential formulae and integrating over the each body, we get the potential of the system and the moments of forces acting on the bodies.. Knowing the displacements, we determine the shape of deformable bodies, their moments of inertia and the lagging angle. The results of this approach are compared with the results of the traditional theory.

Keywords: Earth-Moon system, viscoelastic bodies, moments of forces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The consequences of Saturn’s “ring rain”

*James O Donoghue[1,2], Luke Moore[3], Jack Connerney[4,1], Henrik Melin[5], Tom Stallard[5], Sean Hsu[6], Steve Miller[7], Kevin Baines[8]

1. NASA Goddard Space Flight Center, USA, 2. Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency (ISAS; JAXA), Japan, 3. Boston University, USA, 4. Space Research Corporation, Maryland, USA, 5. University of Leicester, UK, 6. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado–Boulder, CO, USA, 7. University College London, UK, 8. NASA Jet Propulsion Laboratory, California, USA

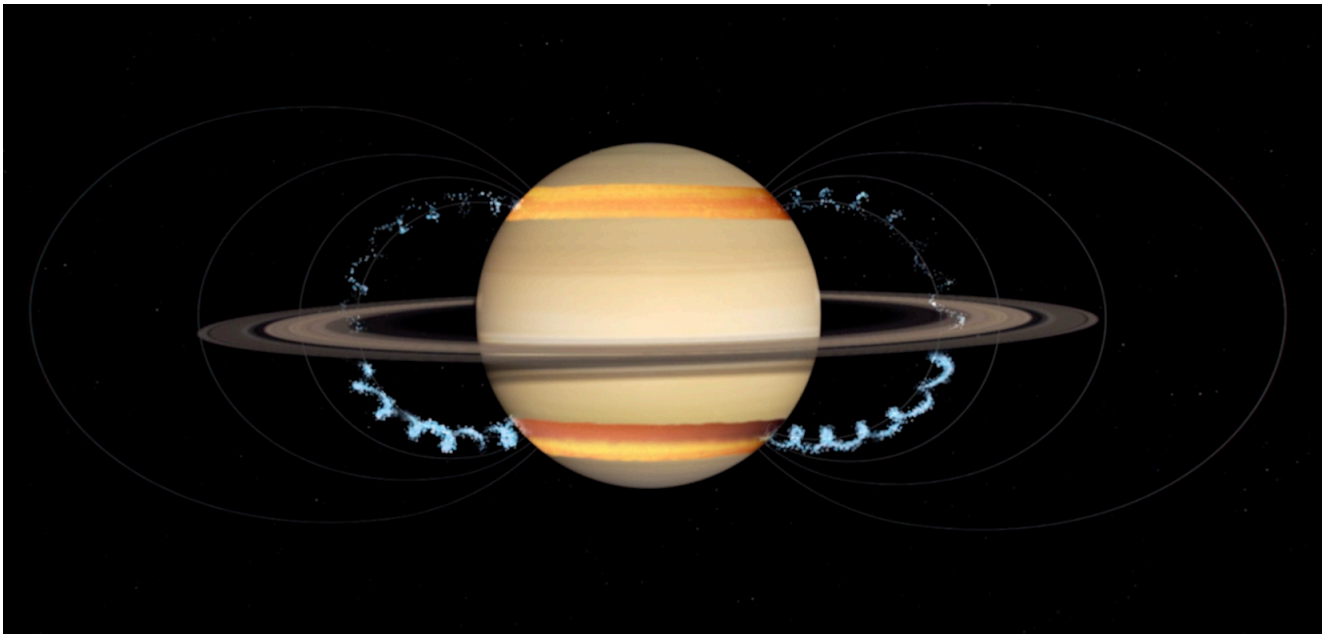
Saturn’s upper-atmospheric H3+ emissions have been previously studied using ground-based observations, and found to exhibit peaks in emissions at specific latitudes. The cause of these peaks is due to an influx of charged water products originating from Saturn’s rings known as 'ring rain'. Subsequent modeling using the Saturn Thermosphere Ionosphere Model (STIM) has indicated that these peaks in H3+ emissions are likely driven by an increase in H3+ density, rather than temperature, as a local reduction in electron density (due to charge exchange with water) lengthens the lifetime of H3+. However, a direct observation of the H3+ density is required to estimate the flow rate of material into Saturn with models. Calculation of ring rain’s flow rate into Saturn is a highly important input for determining the age, lifetime and evolution of Saturn’s rings.

Here we present the first ever derivation of H3+ density, temperature and radiance in the non-auroral regions of Saturn, using data taken from the 10-meter Keck telescope in 2011. H3+ density is enhanced near 45 degrees north planetocentric latitude and strongly reduced near 39 degrees south. When compared to STIM modeling results, these densities indicate a small ~50kg/sec water influx in the north and an enormous ~1500 kg/sec influx in the south. The charged grains are pulled in along the magnetic field by gravity, but the southward-inclination of the magnetic field (in the vicinity of the ring plane) means that the grains are preferentially drawn southwards into the planet. Assuming that our (Saturn northern Springtime) measurement represents all seasons, and that the rings are able to disperse over time, the ring rain mechanism alone will drain Saturn’s rings to the planet within 300 million years. If we also add the recent Cassini-spacecraft measured ring-material detected falling into Saturn’s equator (and assume it is constant), then the rings have less than 100 million years to live.

Recent measurements by Cassini again have estimated a ring age of ~50 million years, so it seems that Saturn’s rings are short-lived phenomena, perhaps lasting just 150 million years in total. A long time on human timescales, but compared to the 4.5 billion year age of Saturn, the rings are essentially temporary; i.e. if Saturn were 30 years old, the ring system would exist for just 1 year of its life! These recent findings indicate that ring systems in general are practically doomed to be removed as soon as they are formed. Indeed, the ring rain mechanism itself ought to be universal at any planet with both a ring system and a strong magnetic field. We might ask, did Jupiter, Uranus and Neptune, which have thin rings today, once have magnificent rings in the past that have eroded away?

Keywords: Saturn, Rings, Ionosphere, Magnetosphere, Atmosphere, Ring rain

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*Shiblee Ratan Barua[1,2], Paul Romani[1]

1. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD USA, 2. Universities Space Research Association (USRA), Columbia MD USA

Existing photochemical models for the atmospheres of planetary bodies suffer from large errors when predicting the mole fraction profiles of various compounds. Global sensitivity analyses show that a major source of these model errors can be attributed to inaccurate rate coefficients for “key” radical–radical and radical–neutral reactions in low-temperature conditions. Accurate rate coefficients for key reactions thus improve the accuracy of photochemical models. Unfortunately, accurate experimental rate constants for such low-*T* reactions are difficult, if not impossible, to measure, and the lab data are affected by uncertainties in determining the absolute concentrations of radical species. Currently, the most common theoretical approach involves uncertainty extrapolation technique in which uncertainties in room-temperature rate constants are extrapolated to low-temperature conditions, resulting in large errors in the theoretical low-*T* rate constant data. To solve this existing problem, we are employing the two-transition-state (2TS) model developed by Klippenstein and coworkers to calculate high-level *ab initio* rate-constants for key low-*T* (*i.e.* 10–200K) reactions relevant to planetary atmospheres like that of Titan. In particular, we are investigating key reactions that have not yet been studied in the lab, and for which accurate rate coefficients are still unknown. Our calculated *ab initio* rate coefficients will be made available to the astrochemistry community via well-established free online kinetic databases (*e.g.* KIDA). These rate coefficients will be used by scientists in photochemical models to make accurate predictions of mole fraction profiles for planetary atmospheres and improve our understanding of the diverse chemistry of these bodies.

Keywords: Titan atmosphere, Low-temperature reaction kinetics, Ab initio quantum chemistry, Photochemical model, Plantery science, Astrochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

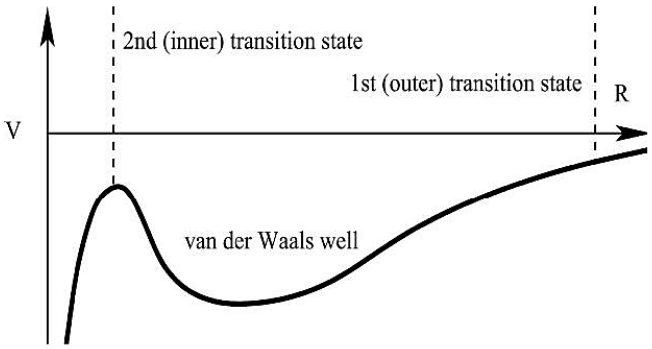


Figure 1. Schematic one-dimensional picture of the potential energy as a function of the reaction coordinate for a neutral–neutral reaction leading to bimolecular products. In its approach, the 2TS model incorporates both the 1st (outer) transition state for barrierless association reaction and the 2nd (inner) transition state for reaction path with a barrier. **Source:** Georgievskii and Klippenstein, 2007.

Table 1: Selected key reactions currently being investigated that are responsible for uncertainties in the mole fractions of major nitrogen species (left-most column) in low-*T* Titan conditions. Each reaction shown here has an absolute Rank Correlation Coefficient (RCC) value, a quantitative indicator of the sensitivity of model mole fractions on rate constants, greater than the chosen threshold of 0.2 at 100 km or above (right-most column). **Source:** Loison *et al.*, 2015.

Affected N Species	Key Reactions	|RCC| > 0.2
NH_3	$N(^4S) + NH_2 \rightarrow N_2 + H + H$	(100, 900) km
HNC	$N(^4S) + {}^3CH_2 \rightarrow HNC + H$	100 km
CH_2NH	$N(^2D) + CH_4 \rightarrow NH + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$^1CH_2 + CH_4 \rightarrow CH_3 + CH_3$	900 km
CH_3C_3N	$C_2N + H \rightarrow HCN + C$	900 km
C_2H_3CN	$CHCN + H \rightarrow C_2N + H_2$	900 km

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハビタブルプラネットをつくるための条件とは？
How many conditions must be satisfied to produce a habitable planet?

*丸山 茂徳[1]、大森 聡一[2]
*Shigenori Maruyama[1], Soichi Omori[2]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 放送大学教養学部
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. The Faculty of Liberal Arts, The Open University of Japan

<Purpose>

Concept of habitable zone (HZ below) is regarded as the presence of stability field of liquid water on the surface of planet. HZ is regarded as the most important condition to produce a habitable planet. However, we think the presence of liquid water is not enough to be habitable. We list up other necessary conditions (6+5=11) to produce a habitable planet in the Universe.

<Method>

The best studied habitable planet is the Earth. Therefore, based on the research results of the Earth, we consider necessary conditions. Key points are chemical composition of primordial atmosphere and biosphere.

<Result>

Based on the research of the Earth, I propose there are at least 6 conditions to be a habitable planet in case of the solar system. (1) a planet must be given totally 400 bars CO_2, 300 bars water, and 50-60 bars N_2 as minimum values. In addition, such an amount is given gradually with time (ABEL model) not to become Venus-state, (2) the presence of extremely small amount of ocean water (3km ±1km thickness), (3) the presence of huge landmass (continent above sea level) to finally provide habitable trinity condition to drive the material circulation to give nutrients through water-rock interaction to feed primordial life. (4) Initiation of plate tectonics to keep dynamic equilibria not to become Venus state. (5) selective transportation of CO_2 into mantle, while H_2O remains on the surface, and N_2 remains all in atmosphere, (6) the presence of biosphere, if not, fixation of atmospheric CO_2 is restricted only to inorganic carbonates that would be insufficient to prevent evolving into Venus-state.

<Discussion>

These six conditions are deduced from the history of the Earth. However, if we enlarge the concept to exoplanets based on the research of the solar system, the following five conditions are added; (7) the distance from the central star, (8) the abundance of atmosphere, (9) mass and composition of central star, (10) size and composition of planet, and (11) circular orbital path.

キーワード：ハビタブルプラネット、生命惑星をつくる条件
Keywords: habitable planet, conditions to produce a habitable planet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋への隕石落下による津波の定量評価手法の開発
Quantitative Evaluations for Meteorite Impact Tsunami

*近貞 直孝[1]、布施 哲治[2]、馬場 俊孝[3]
*Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Tetsuharu Fuse[2], Toshitaka Baba[3]

1. 防災科研、2. 情報通信研究機構、3. 徳島大学
1. NIED, 2. NICT, 3. Tokushima University

Tsunami induced by earthquakes, submarine landslides, volcanic eruption in submarine and coastal area and meteorological phenomena is one of the most devastating natural disasters. A meteorite impact into the oceans spawn large tsunami depending on the size and velocity of the meteorite and the sea depth at the location of the impact as well. However, we do not have a numerical model to reproduce both of meteorite impacts and tsunami propagations. We have started to develop a new numerical model to simulate tsunamis generated by the meteorite impact combining iSALE (Wünnemann et al., 2006) for simulating impact phenomena and JAGURS (Baba et al., 2017) for simulating tsunami. The iSALE is a multi-material and multi-rheology shock physics code for simulating impact phenomena. JAGURS is a parallelized tsunami simulation code to solve two-dimensional non-linear long-wave equation with Boussinesq terms for representing observed tsunami waveforms, tsunami height and inundation. We set sea-floor deformation, sea-surface disturbance and velocity of gravity wave which is the output from iSALE to the input of JAGURS. We then calculate tsunami height along the coastlines in any place using ASTER GDEM version 2 (Fujisada et al., 2012) and GEBCO_2014 Grid. ASTER GDEM has one arcsecond (about 30 m) spatial resolution and covers land between 56S and 60N latitude as a topographic data. GEBCO’s gridded bathymetric data has thirty arcseconds (about 1 km) spatial resolution for the worldwide.

We first investigate the tsunami generation using iSALE code for creating tsunami source model depending on the meteor size, the velocity of impact, the size of cavity, the width and depth of crater and tsunami propagation speed. We also investigate probabilistic hazard of meteorite impact tsunami using simplified cavity curves with developed JAGURS built-in. Finally, we construct a new numerical model of meteorite impact tsunami combining iSALE and JAGURS. Additionally, we consider the way of automatic detection of meteorite impact using the recode of the highly sensitive seismograph network in real-time.

iSALE の 開 発 者 で あ る Gareth Collins, Kai Wünnemann, Boris Ivanov, H. Jay Melosh, Dirk Elbeshausen の各氏に感謝致します．本研究の一部はJSPS科研費 JP18K04674の助成を受けたものです．iSALEの計算及び可視化は国立天文台天文シミュレーションプロジェクトCfCAの計算サーバ及び解析サーバで実施しました．記して感謝致します．

キーワード：隕石、衝突、津波
Keywords: Meteorite, Impact, Tsunami

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

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

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

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

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

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

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

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

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

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

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

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

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション
Particle-in-cell simulation on the dayside magnetopause in a small-scale magnetosphere

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4]
*Hideyuki Usui[1], Satoki oki[1], Yohei Miyake[1], Naoki Terada[2], Kanako Seki[3], Yuto Katoh[2], Manabu Yagi[4]

1. 神戸大学大学院 システム情報学研究科、2. 東北大学大学院 理学研究科、3. 東京大学大学院 理学系研究科、4. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. Graduate school of system informatics Kobe University, 2. Graduate school of science, Tohoku University, 3. Graduate school of science, University of Tokyo, 4. Riken R-CCS

本研究の目的は、弱い固有磁場を持つ小型天体と太陽風との相互作用によって形成される小型磁気圏を3次元電磁粒子シミュレーションにより再現し、その中でのプラズマダイナミクス、特に昼間側マグネトポーズでの電子挙動を粒子軌道や速度分布関数を用いて理解することである。磁気圏シミュレーションではMHDモデルがよく用いられるが本研究ではイオンの慣性長λi程度の磁場構造を持つ天体の磁気圏を対象とするためイオンのみならず電子も粒子として扱う全粒子モデルの大規模シミュレーションを実施した。シミュレーションモデルでは、弱い磁気ダイポールを持つ小型球体を中央に置き、境界領域から南向き IMFを持つ太陽風を流す。これにより小型磁気圏の形成を実現する。昼間側において、ダイポール中心から 磁気圧と太陽風動圧が釣り合う点までの距離をD_pとした場合, 今回は$\lambda_i/D_p=1$と設定した。また, 天体半径を R_bとすると、 $R_b/D_p=0.6$とし磁気圏における球体の割合を比較的大きく取った。シミュレーションデータ解析により、これまで、赤道面におけるプラズマ空間分布のdawn-dusk非対称性について報告した。今回は、昼間側マグネトポーズの電子挙動に着目し、特に、南向き IMFと磁気圏磁場が相殺して磁場強度がほぼ０になる領域で見られた電子挙動について、粒子軌道や速度分布関数を用いて定量的な解析を行った。マグネトポーズにおいて、イオンと電子の電荷分離によって発生する太陽方向電場により加速された電子が、IMFと磁気圏磁場が相殺する領域に侵入しメアンダリング運動により朝方に流れていく様子が確認できた。この電子の流れに関連して電子密度の時間的変動も同時に見られた。これらの昼間側マグネトポースでの電子ダイナミクスについて議論を行う。

キーワード：小天体、プラズマ粒子シミュレーション、小型磁気圏
Keywords: small body, particle-in-cell simulation, small scale magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Developments and performance evaluations of 0.48 THz band heterodyne receivers for the future Mars terahertz sensor missions with micro-satellites

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6]
*Ayaka Tomihara[1], Satoshi Matsumoto[1], Hiroyuki Maezawa[1], Yasuko Kasai[2], Shigeru Yamada[2], Takeshi Kuroda[2], Takayoshi Yamada[2], Toshiyuki Nishibori[3], Yutaka Hasegawa[3], Yasumasa Kasaba[4], Richard Larsson[5], Shinichi Nakasuka[6]

1. 大阪府立大学、2. NICT、3. JAXA 宇宙航空研究開発機構、4. 東北大学、5. マックスプランク研究所、6. 東京大学
1. Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Tokyo, Japan, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Tohoku University, Tohoku, Japan, 5. Max planck Institute Solar System Research, Göttingen Germany, 6. Tokyo University, Tokyo, Japan

系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティを理解する上で、火星は重要な研究ターゲットである。火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気の酸化反応ネットワークの解明なども重要なテーマとなっている。火星の大気の進化の理解のためにも、H_2Oの時間変動、O_2の高度分布などの詳細かつ系統的な観測は今後も重要な課題である。またCO_2大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO_2やO_3がどの程度非生物的に形成されるのかについても火星は重要な知見を与えてくれる。

そこで我々は、超小型衛星を用いた着陸機あるいはオービターにTHzセンシングシステムを搭載し、火星の着陸機やオービターにより大気中のO_3、O_2、H_2O、H_2O_2などの微量分子の昼夜・季節を通じた変化をリモートセンシングすべく、超軽量・低消費電力の0.48 THz帯ヘテロダイン検出器のBread Board Modelの開発を行った。THz帯ヘテロダイン分光は、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出できる他、波長が長いためエアロゾル/ダストの影響を受けにくい特徴がある。また太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わない観測も可能である。

今回、受信機部には常温動作のショットキーバリアダイオードによるサブハーモニックミクサ(SHM)検出器を採用し(製作は米国バージニアダイオード社)、入力部には円偏波分離デバイスを用いて、2つの偏波を取り出せるようにした。これにより２系統の受信システムを平面かつコンパクトに集積が可能となった。BBMのSHMミクサの雑音温度(DSB)は 1～6 GHz帯で1400-1500Kを得た。ミクサ受信機部の消費電力と重量は11.2 W (1.66 A)、0.6 kgである。局部発振波は、水晶発振器をリファレンスにした位相同期型固定発振器の13 GHz帯の信号をIntegrated amplifier-multiplier chain (IAMC)により18逓倍・増幅している。常温における約3.5度の温度変動に対しては0.48 THz帯での周波数ドリフトは100 kHz程度であった。これらフロントエンドシステムの性能を踏まえ、大気の放射輸送シミュレーションを行ない、大気中のO_2やH_2OはもとよりO_3やH_2O_2といった微量分子も十分観測できることを確認している。本講演では、これらの結果について報告する。

キーワード：火星、惑星大気、ヘテロダインリモートセンシング、テラヘルツ、超小型衛星
Keywords: Mars, Planetary atmosphere, Heterodyne remote sensing, Terahertz, Mars lander with Micro-satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2]
*Shungo Koyama[1], Naoki Terada[1], Hiromu Nakagawa[1], Takeshi Kuroda[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

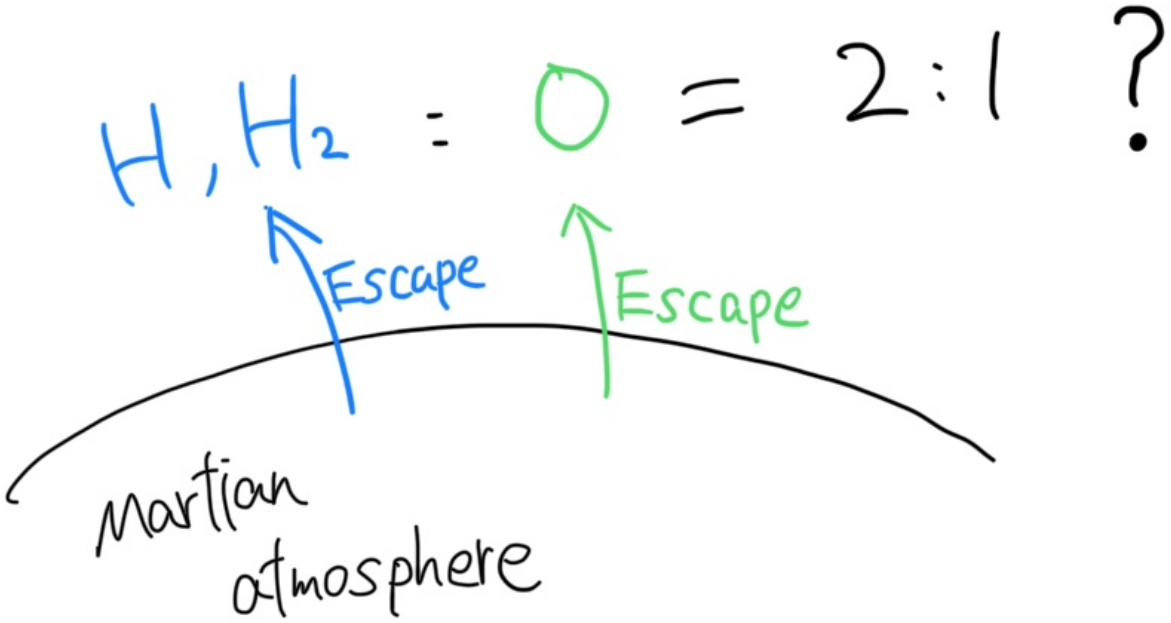
Atmospheric loss from the Martian upper atmosphere plays an essential role in the evolution of the surface environment of Mars. Especially, water loss through the escapes of hydrogen and oxygen is crucial to determine the habitability. It was shown by McElroy. (1972) that Jeans escape flux of H and H2 and nonthermal escape flux of O were regulated to be in the ratio of 2:1 in a converged model, which is called “self-regulation”. However, it was only confirmed in the atmospheric condition of current Mars and time response of the self-regulation is not well understood.

Here we study time-dependent responses of self-regulation system on different atmospheric conditions. We use a 1D time-dependent photochemical model for various atmospheric conditions and parameters, such as atmospheric CO2 pressure, vertical temperature profile and O escape rate.

We find that timescale of the self-regulation is mainly determined by O escape flux and the CO2 pressure. The timescale is inversely proportional to O escape flux, whereas it increases nonlinearly as the CO2 pressure increases. Our calculations also show that when CO2 pressure drops from the current Martian converged condition, H escape flux increases on a timescale of several days and returns to the twice of O escape flux on a timescale of a hundred thousand years. It implies that seasonal drops of the atmospheric pressure due to the CO2 polar ice cap may contribute to the variation of H escape flux. The effect of vertical temperature profile on self-regulation will also be discussed.

キーワード：火星、大気進化、水
Keywords: Mars, Atmospheric evolution, water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2]
*Sakakura Kotaro[1], Kanako Seki[1], Shogo Inui[1], Shotaro Sakai[1], David A Brain[2], James P McFadden[3], Jasper S Halekas[4], Gina A Dibraccio[5], Bruce Jakosky[2]

1. 東京大学、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan., 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA., 3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA., 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA., 5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.

Mars climate was warm and had water on its surface about 4 billion years ago, but there are no liquid water on the surface at present. Escape of the atmosphere to space is considered as the main cause of this climate change. However, the mechanism of the large amount of atmospheric loss is far from understood. Ion escape is one of the important candidates of such mechanism. There are three channels of the ion escape, namely, tailward escape, pickup ion, and polar plume. Polar plume ions are accelerated by solar wind electric field and escape to +E hemisphere of the Mars-Sun-Electric field (MSE) coordinates. It is estimated by Dong et al., (2015) that the escape rate is 23% of the total ion escape. This is not negligible in order to understand ion escape from Mars. However, the composition of the plume is unknown. To fully understand the mechanism of polar plume, it is important to study the composition of the plume.
The purpose of this study is to assess the suggested mechanism of the polar plume based on MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) observations. Spatial distribution of the ion number density ratio can be the evidence that plume is accelerated by electric field because the trajectory of accelerated ions depends on the ion mass. Polar plume contains O^+, O_2^+, and CO_2^+ ions. We focused on molecular ions (O_2^+ and CO_2^+) originating from the ionosphere, since O^+ has corona as its source and its spatial distribution becomes complicated. We analyzed observation data by STATIC (Supra Thermal and Thermal Ion Composition) and MAG (magnetometer) onboard MAVEN. STATIC can measure ion distribution functions with mass discrimination. We selected 12 orbits, in which the plume is observed continuously, from two years of data (from December 2014 to December 2016). To derive CO_2^+ number density, we used fitting method invented by Inui et al., (2018). By fitting a log-normal distribution to O_2^+ count data, we eliminated O_2^+ contamination in the CO_2^+ mass range.
In the event on December 23, 2014, MAVEN moved from the dayside solar wind region to nightside induced magnetosphere in the +E hemisphere of the MSE coordinates. During this event, CO_2^+/O_2^+ number density ratio gradually decreased from ~50 % to ~0.2 %. This tendency is consistent with difference of the trajectories of O_2^+ and CO_2^+, when these ions are accelerated from the same position by the solar wind electric field. We also found high density CO_2^+ plume event in which the CO_2^+ number density is ~1 cm^{-3} and its ratio to O_2^+ is ~500 % at the maximum in the dayside solar wind. We will also report on the statistical tendency of the 12 plume events as well as their dependence on solar wind parameters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火星、MAVEN、大気流出、二酸化炭素、極域プリューム
Keywords: Mars, MAVEN, atmospheric escape, carbon dioxide, polar plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2]
*Kazuki Yajima[1], Kazunori Ogohara[2]

1. 滋賀県立大学大学院工学研究科、2. 滋賀県立大学
1. Graduate School of Engineering, The University of Shiga Prefecture, 2. School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

Currently, on the surface of Mars the activity range of rovers has spread far more than before, and the Mars environment is gradually becoming clear. Dust devil on Mars is a phenomenon in which dust rolled up from the surface rises in a spiral shape.
Martian dust devils occur everywhere, especially in the middle and low latitudes, and there are various types ranging from small ones like the whirlwind commonly seen on the planet to huge ones much more than tornadoes. In addition, dust that dust devils wind up from the surface of the Martian ground may absorb and block sunlight, sometimes changing the global circulation of the Martian atmosphere. Therefore, in order to understand dynamics of the Mars atmosphere it is necessary to grasp the statistical nature of dust devils.
Previous studies were to count how many dust devils are present in a single image. However, in many cases, the same dust devil is seen in multiple images. Therefore, it was difficult to count the number of dust devil occurences accurately. The number of dust devils that actually occurred has been overestimated unless we detect and count dust devils visually. In this technological study, we propose an algorithm for automatically measuring the population of dust devils correctly by combining template matching and comparison of patch standard deviation.

キーワード：火星、画像処理、ダストデビル
Keywords: Mars, image processing, dust devil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Temperature change during the global dust storm period obtained by ground observation of the Martian mesosphere by infrared heterodyne spectroscopy

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1]
*Akiho Miyamoto[1], Hiromu Nakagawa[1], Kosuke Takami[1], Takeshi Kuroda[1,3], Isao Murata[2], Naoki Terada[1], Nao Yoshida[1], Katsushige Toriumi[1], Shohei Aoki[4], Yasumasa Kasaba[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構、4. ベルギー王立宇宙科学研究所
1. Graduate School of Sciences in Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Sciences, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy(IASB-BIRA)

火星大気では、ダストストーム発生時そのダストが中間圏(高度70-80[km])まで上昇すると同時に、水蒸気も同高度まで輸送されていることがMars Expressの観測によって明らかにされている[Maltagliati et al.,2013 , Heavens et al.,2018]。この結果、高高度における水の光解離によりHが生成され、H散逸に直接繋がる。つまり、中間圏の現象が火星環境進化に影響を及ぼしうるという新たな発見であり、中間圏の詳細な理解が急務である。そこで私達は、波長分解能10^7(速度分解能10[m/s])を持つ東北大学ヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いた地上観測で10μm帯のnon-LTE CO_2 emissionを観測することにより、高度70-80[km]火星大気中間圏のダストストーム期間中の全球平均温度変化を明らかにする。

観測は2018年6月(太陽黄経Ls=196 南半球春)全球ダストストーム中から11月(Ls=291南半球夏)までハワイハレアカラ山頂東北大観測施設0.6m望遠鏡に実装されたヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いて行い、火星中心を空間分解能4秒角で観測している(火星視直径6月19.1秒角、11月10.7秒角) 。赤外レーザヘテロダイン分光による高度70-80[km]でのダストストーム期間中の連続観測は初めてである。

本研究では、観測で得られたemissionのドップラー幅によるkinetic temperature・線強度によるrotational temperatureの両方について温度を導出し[Sonnabend et al.,2008]、得られた結果を比較した。

解析の結果、kinetic temperatureでは6月(Ls=196)で150[K](68%信頼区間それぞれ-1σで122/+1σで189[K])、9月(Ls=240)で125[K](-1σで85/+1σで201[K])と、全球ダストストーム期間中からその終わりにかけて温度が低下したことが分かった。同高度においてダストが輸送されていない大気大循環モデル[Kuroda et al., 2005,2013,2015]の結果と比較すると、Ls=196で126-129[K]、Ls=240で132-135[K]と観測結果とは逆の傾向を示した。これは太陽光に依存するCO_2放射吸収が優位に働き、近日点(Ls=270)に近いLs=240において温度が上昇したと考えられる。しかし今回Ls=196の方が温度が高かったのは、やはりダストによって大気が温められたことが原因ではないかと考察した。

またrotational temperatureの観点から、ダストストーム時からおよそ1/2まで線強度の減少を検出し、kinetic temperatureと同様温度減少を示唆する結果が得られた。

この結果の妥当性検証のため、探査機MAVENの恒星掩蔽観測によって得られた結果とも比較する予定である。本講演では、今後の異なる高度での観測結果との比較などの見通しについても報告する

キーワード：火星、大気中間圏、温度、赤外ヘテロダイン分光器
Keywords: Mars, Mesosphere, Temperature, Infrared heterodyne spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測
Observation of Neptune’s storms with Pirka telescope

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1]
*Yuuki Sato[1], Yukihiro Takahashi[1], Seiko Takagi[1], Mitsuteru Sato[1], Ono Tatsuharu[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University

海王星では直径が4,000 kmを超える巨大なストームが時折発生しており, 先行研究では , ボイジャー2号が1989年5月24日に海王星を観測し, 大暗斑と呼ばれる直径13,000 kmのストームを発見した. 大暗斑は木星の大赤斑と同様南半球に位置していたが, その後, ハッブル宇宙望遠鏡が1994年に観測したところ, 大暗斑は消滅していた. 大暗斑のようなストームは海王星で常に発生しているのか, 突発的なものなのか不明である.

また, 直径9,000 kmのストームが2017年6月26日, 7月2日にケック天文台10 m光学近赤外望遠鏡で観測された. 通常, 海王星のストームは上昇気流が発生している南北の中緯度で発生すると考えられている. しかし, このストームは赤道付近で発生している. 海王星の自転軸傾斜角は29.6度であり, 季節変化によって赤道付近でストームが発生した可能性も考えられる.

ケック天文台やハッブル宇宙望遠鏡によって海王星は観測されているが, それらの望遠鏡を常に海王星観測に使用することは難しい. そのため、短い時間スケールで長期的な海王星ストームの観測は行われていない. 本研究では海王星全体のスペクトルを観測することによって, ストームの移動速度や規模を推定する手法の開発を行った. それにより, シーイングが悪い時でも観測可能になり, 短い時間間隔で長期的な海王星ストームの観測データを取得することができるようになった. この手法で, ストームの詳細な変動を追うことで, 海王星大気の対流構造の理解を深めることに繋げる.

本研究では, 北海道大学が所有する口径1.6 mのピリカ望遠鏡を用いて海王星のスペクトルを観測した. 時期は2017年8月7日から2018年1月17日, 2018年10月22日から11月26日までである. 2017年の観測波長は650-1050 nm, 2018年は890, 855 nmである, 本研究では, メタンが890 nmを強く吸収するという性質を用いる. 海王星大気にはメタンが存在し, 890 nmで海王星を観測すると, 周りの領域よりも高度の高いストームはより明るく見える. よって,ストームがある面を観測すると890 nmフラックスは大きくなる. また, 海王星の自転によって, 観測点からのストームの見た目の大きさは変化するため, 890 nmのフラックスも変化する.地球大気の影響を補正するために, 890 nmフラックスと他波長のフラックスの比をとり, 相対強度を求めた. 890 nmフラックスの相対強度の理論値を求め, その理論値と観測値を比べ, フィッティングをすることで, ストームの移動速度や規模を見積もった. ストームの面積を仮定しストームの890 nm反射率を求め, ストームの規模は面積と反射率の積とした.

2017年のストームの移動速度は47.5˚/ day、2018年は24.9˚/ dayと推定した. 2017年のストーム規模は, ストーム直径を9,000 kmとし890 nm反射率を0.217と推定し, 2018年では, ストーム直径を4,500 kmとし890 nm反射率を0.105と推定した. Edward Monlter et al.(2019)の研究では, 2017年のストームは北緯2度に位置し, 移動速度は 237.4 ±0.2 m/s, 47.78 ±0.04˚/ day と示している。本研究で推定した移動速度と整合性がある.

キーワード：海王星、地上観測
Keywords: Neptune, Ground-based Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究
The study of Jupiter’s zonal wind formation mechanism based on cumulonimbus observation

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1]
*Tatsuharu Ono[1], Yukihiro Takahashi[1], Shigeto Watanabe[1], Seiko Takagi[1]

1. 北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

ガリレオ探査機による観測から，積乱雲の上昇気流による対流と，その対流によって形成される小規模渦が連続的に形成・結合し，ベルトやゾーンを形成する東西風が発生するという仮説が提唱されている[Gierasch et al.,2000, Ingersoll et al., 2000]．積乱雲の形成について数値計算より，数日から100日スケールの間欠性が提唱されている[Sugiyama et al., 2014]．先行研究の積乱雲についての観測では，探査機により数日から1ヶ月程度の観測が行われた．先行研究の観測時間は数値計算での時間スケールより短いために，観測的に積乱雲の時間変動はわかっていない．そのために，北海道大学の所有する有効径1.6 mのピリカ望遠鏡などの地上望遠によって得られた多波長の画像から雲の鉛直構造を捉え，積乱雲の時間変動を明らかにし，同時に東西風の時間発展と比較することで，積乱雲形成と東西風の関係性を明らかにすることが，本研究の目的である．

今回，2017年1月から6月までのピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)(ピクセルスケール = 0.39”/pix)による，727 nm, 756 nm, 889 nmのフィルターを用いた観測結果とその解析結果を同時期の東西風変化と比較した結果について紹介する．これらの波長を用いると，高い雲頂高度の雲は周囲の雲との雲頂高度の違いから生じる光路長の差によって明るく見える．雲頂高度の高い積乱雲は明るい領域として観測されることを利用して積乱雲を同定する．この観測で得られた画像は，ハイパスフィルターの一種であるガウス差分の処理を行い細かな模様を抽出し，積乱雲の同定を行いやすくした．シミュレーションから，1つの積乱雲が生成され消滅してから新たな積乱雲が1つ生成されるまで，5-100日の間隔があると推測されている[Sugiyama et al.,2014]．したがって，2,3日に1回観測を実施することを目標とした．今回の観測では，61夜観測を実施し，連日観測ができた時期と，1週間以上観測日の間隔が空いた時期があった．平均的なシーイングは3.0秒角であった．これらの観測結果のうち，シーイングが2.16秒角，木星の表面で約5000kmの空間分解能の条件下で，木星の経度約90-180度を観測した2017年04月20日の多波長観測から，積乱雲の候補として雲頂高度の高い部分が南緯約12度，経度約120度に観測された．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，該当座標に白く明るい模様が確認されている．2017年04月23日の画像から，同じ緯度経度にピリカ望遠鏡で観測したときに，明るい雲は確認されなかった．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，同じ座標に白く明るい模様は確認されなかった．2017年4月16日にピリカ望遠鏡で同じ経度を観測できなかったが，同日のアマチュア画像では白く明るい雲は確認できなかった．17日のアマチュア画像では白く明るい雲が確認されたことから，南緯12度，経度約120度の積乱雲候補の雲は6日程度の寿命であったと考えられる．積乱雲形成前後のアマチュア画像を利用して推定した風速変化を確認すると，積乱雲が形成されるときには，仮説通りの東西風の加速が生じ，積乱雲が消滅するときには，仮説とは逆に東西風の減速が生じていた．しかし，他日付の観測データでの風速時間変動では，4月20日に確認されたような関係性が見られなかった．ただし，積乱雲と東西風の関係性を明らかにするには，十分な精度で東西風を推定できていない．また十分なデータ数を得られていない．これらのことから，積乱雲と東西風の関係性についてはまだ推測の域を出でいない．

キーワード：木星、積乱雲、対流、地上望遠鏡、雷雨
Keywords: Jupiter, Cumulonimbus, Convection, Ground-based telescope, thunderstorm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Development of a radial diffusion model of Jovian inner magnetospheric plasma aimed at comparison with HISAKI satellite observation

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2]
*Kazuki Yamaguchi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fuminori Tsuchiya[1], Masato Kagitani[1], Ryoichi Koga[1], Tomoki Kimura[2]

1. 東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

惑星分光観測衛星ひさきは衛星イオの火山活動の変化に伴う木星内部磁気圏でのプラズマ増大・減少を捉えた。本研究は、木星内部磁気圏の複数のイオンおよび電子間の相互作用と動径方向輸送を理解することを目的とし、プラズマの質量及びエネルギーの収支と時間変化の追跡が可能な拡散モデルを開発した。また、このモデル結果とひさき衛星の観測と比較を行った。

木星第一衛星イオでは活発な火山活動があり、火山ガス起源のプラズマが内部磁気圏に放出される。プラズマは木星と共回転することでイオの公転軌道に沿ってドーナツ状に分布しており、イオプラズマトーラスと呼ばれている。木星内部磁気圏のプラズマは質量の9割が衛星イオの大気から供給され、木星の自転角運動量からエネルギーを得ながら動径方向に数十日の時間スケールで輸送される。また、輸送の過程で、衛星起源の重イオンプラズマ（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）は化学的な相互作用によって組成比、エネルギーが変化する[Delamere & Bagenal, 2003]。木星内部磁気圏におけるプラズマの質量とエネルギーの収支を知ることは、磁気圏のマクロな物理現象を理解する上で重要な課題である。

定常状態の木星内部磁気圏プラズマの動径方向分布モデルはVoyager1,Voyager2,Cassini探査機の観測結果に基づいて開発されている[Delamere *et al.*, 2005]。しかし、動径方向分布の時間変動を追跡できるモデルは研究報告がない。その背景として、これまでの探査機が、イオプラズマトーラスの空間分布を長期観測できなかったことが挙げられる。ひさき衛星は惑星観測専用の宇宙望遠鏡として連続運用されており、木星内部磁気圏の長期観測が可能である。実際に2015年1月下旬から4月上旬の約二か月間にわたって、イオからのプラズマ供給の増加に伴うイオプラズマトーラスの空間分布の変化が確認されている[Tsuchiya *et al.*, 2018, Yoshioka *et al.*, 2018]。

本研究ではイオ起源の主要な重イオン（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）の質量およびエネルギーの収支と動径方向輸送の時間発展を追跡可能なモデルをFokker-Planck方程式に基づき開発した。方程式系はDelamere *et al*.（2005）が開発した定常状態の磁気圏プラズマの質量およびエネルギー輸送モデルを基に、Forward Time Central Space（FTCS） 法により差分化した。イオン、電子間の化学的な相互作用はDelamere & Bagenal (2003)で用いられている電荷交換、電子衝突電離、電子再結合、クーロン相互作用、および電子衝突励起による放射項の係数を利用し、体積放射率はCHIANTIデータベースを利用して算出した。各イオン種と熱的電子の温度、密度の初期値はYoshioka *et al.*(2018)より、イオ火山活動が静穏であった2013年11月のひさき衛星観測結果を用いた。中性原子（O,S）の分布は動径方向のみに依存すると仮定した。内側境界条件は$6R_J$で密度の空間微分を0、イオン温度を60eVとし、外側境界条件は$30R_J$で密度、温度ともにひさき観測結果から得られる関数の計算値で固定した。この設定の下でモデルの妥当性を検証するため、$6\text{-}9R_J$の領域における各イオン種と電子の定常状態の温度、密度をひさき衛星の観測結果と比較した。定常状態では、高価数のイオン種ほど観測より高密度となり、O^{2+}の数密度は観測値の1.2-2.0倍であった。モデルでは電子温度が6-8eVと計算さ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れ、観測より数eV高温であったことから、電子衝突電離により高価数のイオン密度が高くなったと考えられる。今後、電子温度が数eV高く計算された原因を調べる必要がある。イオン温度は、特に低価数のイオンが観測に比べ高温となり、O^+は$12R_J$で280eV以上の温度となった。これは観測値より高い電子温度によって中性原子のイオン化が促進され、pick-upイオンによる加熱が促進されたためと考えられる。本発表ではモデルと観測の詳細な比較とその定量的な検証結果ついて述べる。

キーワード：木星、ひさき衛星
Keywords: Jupiter, HISAKI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション
Pitch angle scattering due to elastic collisions between magnetospheric 500eV-50keV electrons and neutral H_2O originated from Enceladus: Test particle simulation

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2]
*Hiroyasu Tadokoro[1], Yuto Katoh[2]

1. 武蔵野大学、2. 東北大学
1. Musashino University, 2. Tohoku University

Water group neutrals (H_2O, OH, and O) in Saturn’s inner magnetosphere play the dominant role in loss of energetic electrons and ions because of abundance of the neutrals [e.g., *Paranicas et al.,* 2007; *Sittler et al.,* 2008]. The observations of injected plasmas in the inner magnetosphere suggest that these particles do not survive very long time due to the neutral cloud originated from Enceladus [e.g., Paranicas et al., 2007; 2008]. Thus, the previous studies suggested that the neutral cloud contributes to loss processes of plasma in the inner magnetosphere. However, little has been reported on a quantitative study of the electron loss process due to electron-neutral collisions.

In this study, we focus on the elastic collisional loss process with neutral H_2O originated from Enceladus. Conducting one dimensional test particle simulation, Tadokoro et al., [2014] examined the time variations of equatorial electron pitch angle distribution and electrons within loss cone through 1keV electron pitch angle scattering due to elastic collisions around Enceladus. The result showed that the electrons of 11.4 % are lost in ~380 sec. The time corresponds to the time scale of the co-rotation of the flux tube passing through the region of the dense H_2O in the vicinity of Enceladus. Assuming the uniform azimuth H2O density structure in the Enceladus torus, they estimated the electron loss rate of 33% during one co-rotation.

Next remaining issue is a calculation of energy dependent electron loss rate. We show the loss rates through pitch angle scattering of electrons with 500 eV –50keV and the comparison of the loss rates between the high (in the vicinity of Enceladus) and low (in the Enceladus torus) H_2O density regions. We also show the calculation errors by making several times calculations.

キーワード：エンケラドス、ピッチ角散乱、電子ー中性衝突、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Enceladus, Pitch angle scattering, electron-neutral collision, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

Study of Jovian atmosphere dynamics by a multi-band imaging observation

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1]
Hayate Ito[1], Sumito Hirota[2], Isshi Tabe[3], *Hidehiko Suzuki[1]

1. 明治大学理工学研究科、2. かわさき宙（そら）と緑の科学館、3. 月惑星研究会
1. Meiji university, 2. Kawasaki municipal science museum, 3. Association of Lunar and Planetary Observers in Japan

木星上層大気には様々な構造が存在している。例として、帯(Zone)、縞(Belt)と呼ばれる特徴的な縞構造や、大赤斑(Great Red Spot : GRS)をはじめとする大小様々な渦構造が挙げられる。これらの構造の空間スケールや見た目の色は様々なタイムスケールで目まぐるしく変動していることが地上からの精力的な観測により知られている。表面構造の色は渦の収縮や合体などに伴って変動することが多い事から、地上から得られる見かけの色変動の情報は木星表面大気ダイナミクス解明のカギになると考えられている。本研究の目的は、木星表面上で起こる様々な渦の形態と色の変動を地上観測により精密に捉え、木星表面構造の色変化とそのメカニズムを解明する事である。そこで、本研究では分光データと構造の空間変動を同時に得ることのできるマルチバンドイメージング観測手法を開発した。観測対象となる帯域の決定には先行研究の分光観測データを参照し、木星表面で起こる色変化を効率よく捉えるための7バンドを選定した。さらに7バンドの画像を合成し、忠実な天然色画像を作成するために不可欠なバンド間相対感度を室内実験によって決定した。本発表では、開発したマルチバンドイメージング観測装置によって得られた初期観測結果について報告する。特に木星表面構造のうち最も代表的かつ永続的なSEB・EZ(Equatorial Zone)・NEB(North Equatorial Belt)・GRSに着目し、探査機カッシーニ、ハッブル宇宙望遠鏡によって得られたスペクトルとの比較検証結果を報告する。

キーワード：木星、木星大気、分光観測、マルチバンドイメージ
Keywords: Jupiter, Jovian atmosphere, spectroscopy, Multi-band imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1]
*Hiroaki Misawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

It is known that Jupiter's synchrotron radiation (JSR) has information on dynamics of the deep inner magnetosphere. We have made JSR observations in the decimeter radio wavelength more than a decade, and has showed that JSR generally shows short term variations by more than several tens percent with the time scale of days to weeks. A plausible causality of such the short term variations is due to solar UV/EUV variations; i.e., the solar UV/EUV heating for Jupiter's upper atmosphere drives neutral wind perturbations, and the induced dynamo electric field leads to enhancement of radial diffusion of relativistic electrons in the inner magentosphere. and then JSR shows variations. This scenario was initially proposed by Brice and McDonough [1973] and observationally confirmed by Miyoshi et al. [1999], Tsuchiya et al. [2011] and Kita et al., [2013] which is so to speak, an externally driving process. However, this scenario cannot be always applicable to any short term JSR variations, particularly fast variations with the time scale within a few days, and any other processes are required (Kita, 2015; Tsuchiya et al., 2019).
As a process which might explain such a fast variation in Jupiter's magnetosphere, an internally driving process, so-called 'substorm like event', is known (see Louarn et al., 2014). This phenomena is interpreted as a magnetic reconfiguration event occurred in the Jupiter's magnetotail region. Although it is revealed that major magnetic reconfiguration events generally affect the whole magnesphere from 10 to 80-120 Rj (Jupiter's radii), however, it has not been known whether the events affect the inner magnetosphere within 2 Rj.
In order to reveal unknown dynamics of the fast variations in JSR, we have tried to examine relationship between the fast variations and magnetic reconfiguration events. In this study we have used the plasma data explored by the Galileo orbiter in Jupiter's magnetosphere and also Jupiter's particular radio wave component in the hectrometer wave range (see Misawa et al., 2018) for searching magnetic reconfiguration events, and we have compared them with the daily JSR monitoring data at 327MHz observed with the radio telescopes of ISEE, Nagoya University, Japan. In the presentation, we will show results of the examination and discuss a linkage possibility between Jupiter's inner magnetosphere and magnetotail region.

キーワード：木星、放射線帯、極短期変動、磁気再結合
Keywords: Jupiter, radiation belt, fast variation, magnetic reconfiguration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響
Effects of the charged particles of solar wind on planetary atmospheres

*唐澤 信司[1]
*Shinji Karasawa[1]

1. 宮城工業高等専門学校 名誉教授
1. Miyagi National College of Technology Professor emeritus

太陽風の担い手は、太陽の自転による反時計回転方向に2km/secの回転成分を伴って平均速度450km/secで太陽から放射される質量のある荷電粒子のプロトン(H^+)です。磁気を持たない金星の正面に太陽風が衝突すると太陽風の回転運動成分が歯車の噛み合う仕組みで惑星の大気を時計回転方向に動かします。太陽風が金星の上空の雲を金星の西側に剥ぎ取るような姿の写真があります。この金星のスーパーローテーションは高度60kmの上空では100m/secですが金星の赤道の地面の自転速度は1.6 m/secです。金星の気圧はCO_2の3重点の72.8気圧を超えて90気圧もあり、CO_2の大気が地面に接して移動を続けて金星の自転を太陽の自転と反対の時計回転方向で1.6m/secの地表速度にしたと推測されます。

タイタンでは120kmの高度で最大120 m/sのスーパーローテーションが発生しています。タイタンの公転軌道の半径は120万kmで土星の110万kmの磁気圏の伸長した部分を通過します。太陽風のH^+が土星の磁場に入ると磁束に巻きついて直進せずに磁場に滞留します。H^+が電子を伴いプラズマとなって土星の自転と共に10.7時間で回転しています。タイタンの公転軌道では磁気圏の移動速度は200km/secになります。そこで、タイタンの表面は10.7 時間の周期で土星の磁気圏に滞留する荷電粒子のH^+が固体のCO_2にシャワーのように衝突してCH_4を生成し、液体のCH_4ができます。H^+の衝突速度はタイタンの土星に面した側と裏側では最大で843 m/secの差があり、タイタンの大気を土星の自転と同じ回転方向で周回させます。

[参考動画、唐澤信司, https://www.youtube.com/watch?v=3upO1KcvxF4&feature=youtu.be]

キーワード：太陽風、磁気圏、スーパースーローテーション、金星、土星、タイタン
Keywords: Solar wind, Magnetoshere, Superrotation, Venus, Saturn, Titan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[P-CG25] 惑星大気圏・電磁圏

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

月、金星、火星、水星、木星、土星およびその先の探査は、数値シミュレーションの急速な発展と相まって、私たちに新しい惑星圏環境の描像を提示しつつあります。本セッションでは惑星の大気圏・電磁圏の科学に重点を置き、最新の研究成果について議論すると共に、新しい観測手段や、理論・観測のタイアップなど、将来の探査を見据えた研究も歓迎いたします。異なる惑星で得られた様々な知見を俯瞰し、比較惑星学的視点から惑星圏環境を議論する場を提供します。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

[PCG25-P07] ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測

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

[PCG25-P08] 積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究

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

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

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

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

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2] (1.武蔵野大学、2.東北大学)

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

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

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

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

[PCG25-P13] 太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響

*唐澤 信司[1] (1.宮城工業高等専門学校 名誉教授)

弱磁場天体小型磁気圏の昼間側マグネトポーズに関する全粒子シミュレーション
Particle-in-cell simulation on the dayside magnetopause in a small-scale magnetosphere

*臼井 英之[1]、沖 知起[1]、三宅 洋平[1]、寺田 直樹[2]、関 華奈子[3]、加藤 雄人[2]、八木 学[4]
*Hideyuki Usui[1], Satoki oki[1], Yohei Miyake[1], Naoki Terada[2], Kanako Seki[3], Yuto Katoh[2], Manabu Yagi[4]

1. 神戸大学大学院 システム情報学研究科、2. 東北大学大学院 理学研究科、3. 東京大学大学院 理学系研究科、4. 理化学研究所 計算科学研究センター
1. Graduate school of system informatics Kobe University, 2. Graduate school of science, Tohoku University, 3. Graduate school of science, University of Tokyo, 4. Riken R-CCS

本研究の目的は、弱い固有磁場を持つ小型天体と太陽風との相互作用によって形成される小型磁気圏を3次元電磁粒子シミュレーションにより再現し、その中でのプラズマダイナミクス、特に昼間側マグネトポーズでの電子挙動を粒子軌道や速度分布関数を用いて理解することである。磁気圏シミュレーションではMHDモデルがよく用いられるが本研究ではイオンの慣性長λi程度の磁場構造を持つ天体の磁気圏を対象とするためイオンのみならず電子も粒子として扱う全粒子モデルの大規模シミュレーションを実施した。シミュレーションモデルでは、弱い磁気ダイポールを持つ小型球体を中央に置き、境界領域から南向き IMFを持つ太陽風を流す。これにより小型磁気圏の形成を実現する。昼間側において、ダイポール中心から 磁気圧と太陽風動圧が釣り合う点までの距離をD_pとした場合, 今回は$\lambda_i/D_p=1$と設定した。また, 天体半径を R_bとすると、 $R_b/D_p=0.6$とし磁気圏における球体の割合を比較的大きく取った。シミュレーションデータ解析により、これまで、赤道面におけるプラズマ空間分布のdawn-dusk非対称性について報告した。今回は、昼間側マグネトポーズの電子挙動に着目し、特に、南向き IMFと磁気圏磁場が相殺して磁場強度がほぼ０になる領域で見られた電子挙動について、粒子軌道や速度分布関数を用いて定量的な解析を行った。マグネトポーズにおいて、イオンと電子の電荷分離によって発生する太陽方向電場により加速された電子が、IMFと磁気圏磁場が相殺する領域に侵入しメアンダリング運動により朝方に流れていく様子が確認できた。この電子の流れに関連して電子密度の時間的変動も同時に見られた。これらの昼間側マグネトポースでの電子ダイナミクスについて議論を行う。

キーワード：小天体、プラズマ粒子シミュレーション、小型磁気圏
Keywords: small body, particle-in-cell simulation, small scale magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Developments and performance evaluations of 0.48 THz band heterodyne receivers for the future Mars terahertz sensor missions with micro-satellites

*冨原 彩加[1]、松本 怜[1]、前澤 裕之[1]、笠井 康子[2]、佐藤 滋[2]、黒田 剛史[2]、山田 崇貴[2]、西堀 俊幸[3]、長谷川 豊[3]、笠羽 康正[4]、Larsson Richard[5]、中須賀 真一[6]
*Ayaka Tomihara[1], Satoshi Matsumoto[1], Hiroyuki Maezawa[1], Yasuko Kasai[2], Shigeru Yamada[2], Takeshi Kuroda[2], Takayoshi Yamada[2], Toshiyuki Nishibori[3], Yutaka Hasegawa[3], Yasumasa Kasaba[4], Richard Larsson[5], Shinichi Nakasuka[6]

1. 大阪府立大学、2. NICT、3. JAXA 宇宙航空研究開発機構、4. 東北大学、5. マックスプランク研究所、6. 東京大学
1. Osaka Prefecture University, Osaka, Japan, 2. National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Tokyo, Japan, 3. Japan Aerospace Exploration Agency, 4. Tohoku University, Tohoku, Japan, 5. Max planck Institute Solar System Research, Göttingen Germany, 6. Tokyo University, Tokyo, Japan

系内外の地球型惑星の大気環境やハビタビリティを理解する上で、火星は重要な研究ターゲットである。火星ではメタンが検出されており、その発生起源はもとより、消失を促す大気の酸化反応ネットワークの解明なども重要なテーマとなっている。火星の大気の進化の理解のためにも、H_2Oの時間変動、O_2の高度分布などの詳細かつ系統的な観測は今後も重要な課題である。またCO_2大気を纏う典型的な地球型惑星において、バイオマーカーであるO_2やO_3がどの程度非生物的に形成されるのかについても火星は重要な知見を与えてくれる。

そこで我々は、超小型衛星を用いた着陸機あるいはオービターにTHzセンシングシステムを搭載し、火星の着陸機やオービターにより大気中のO_3、O_2、H_2O、H_2O_2などの微量分子の昼夜・季節を通じた変化をリモートセンシングすべく、超軽量・低消費電力の0.48 THz帯ヘテロダイン検出器のBread Board Modelの開発を行った。THz帯ヘテロダイン分光は、高い周波数分解能により惑星大気の微量分子の高度分布を導出できる他、波長が長いためエアロゾル/ダストの影響を受けにくい特徴がある。また太陽のような背景光源が不要なため昼夜問わない観測も可能である。

今回、受信機部には常温動作のショットキーバリアダイオードによるサブハーモニックミクサ(SHM)検出器を採用し(製作は米国バージニアダイオード社)、入力部には円偏波分離デバイスを用いて、2つの偏波を取り出せるようにした。これにより２系統の受信システムを平面かつコンパクトに集積が可能となった。BBMのSHMミクサの雑音温度(DSB)は 1～6 GHz帯で1400-1500Kを得た。ミクサ受信機部の消費電力と重量は11.2 W (1.66 A)、0.6 kgである。局部発振波は、水晶発振器をリファレンスにした位相同期型固定発振器の13 GHz帯の信号をIntegrated amplifier-multiplier chain (IAMC)により18逓倍・増幅している。常温における約3.5度の温度変動に対しては0.48 THz帯での周波数ドリフトは100 kHz程度であった。これらフロントエンドシステムの性能を踏まえ、大気の放射輸送シミュレーションを行ない、大気中のO_2やH_2OはもとよりO_3やH_2O_2といった微量分子も十分観測できることを確認している。本講演では、これらの結果について報告する。

キーワード：火星、惑星大気、ヘテロダインリモートセンシング、テラヘルツ、超小型衛星
Keywords: Mars, Planetary atmosphere, Heterodyne remote sensing, Terahertz, Mars lander with Micro-satellite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time response of the self-regulation of H and O escapes from Mars

*小山 俊吾[1]、寺田 直樹[1]、中川 広務[1]、黒田 剛史[2]
*Shungo Koyama[1], Naoki Terada[1], Hiromu Nakagawa[1], Takeshi Kuroda[2]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 情報通信研究機構
1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. National Institute of Information and Communications Technology

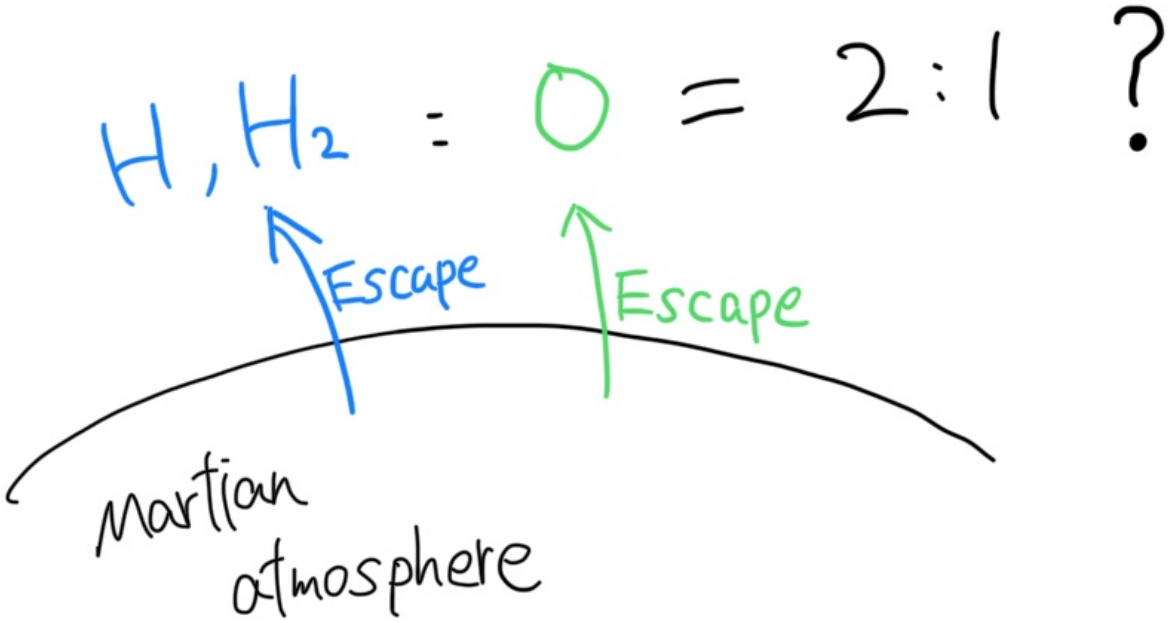
Atmospheric loss from the Martian upper atmosphere plays an essential role in the evolution of the surface environment of Mars. Especially, water loss through the escapes of hydrogen and oxygen is crucial to determine the habitability. It was shown by McElroy. (1972) that Jeans escape flux of H and H2 and nonthermal escape flux of O were regulated to be in the ratio of 2:1 in a converged model, which is called “self-regulation”. However, it was only confirmed in the atmospheric condition of current Mars and time response of the self-regulation is not well understood.

Here we study time-dependent responses of self-regulation system on different atmospheric conditions. We use a 1D time-dependent photochemical model for various atmospheric conditions and parameters, such as atmospheric CO2 pressure, vertical temperature profile and O escape rate.

We find that timescale of the self-regulation is mainly determined by O escape flux and the CO2 pressure. The timescale is inversely proportional to O escape flux, whereas it increases nonlinearly as the CO2 pressure increases. Our calculations also show that when CO2 pressure drops from the current Martian converged condition, H escape flux increases on a timescale of several days and returns to the twice of O escape flux on a timescale of a hundred thousand years. It implies that seasonal drops of the atmospheric pressure due to the CO2 polar ice cap may contribute to the variation of H escape flux. The effect of vertical temperature profile on self-regulation will also be discussed.

キーワード：火星、大気進化、水
Keywords: Mars, Atmospheric evolution, water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of ion composition in the polar plume from Mars based on MAVEN observations

*坂倉 孝太郎[1]、関 華奈子[1]、乾 彰悟[1]、堺 正太朗[1]、David Brain[2]、James McFadden[3]、Jasper Halekas[4]、Gina Dibraccio[5]、Bruce Jakosky[2]
*Sakakura Kotaro[1], Kanako Seki[1], Shogo Inui[1], Shotaro Sakai[1], David A Brain[2], James P McFadden[3], Jasper S Halekas[4], Gina A Dibraccio[5], Bruce Jakosky[2]

1. 東京大学、2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA.、3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA.、4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA.、5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, University of Tokyo, Tokyo, Japan., 2. Laboratory for Atmospheric and Space Physics, University of Colorado Boulder, Boulder, Colorado, USA., 3. Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, California, USA., 4. Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA., 5. Solar System Exploration Division, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA.

Mars climate was warm and had water on its surface about 4 billion years ago, but there are no liquid water on the surface at present. Escape of the atmosphere to space is considered as the main cause of this climate change. However, the mechanism of the large amount of atmospheric loss is far from understood. Ion escape is one of the important candidates of such mechanism. There are three channels of the ion escape, namely, tailward escape, pickup ion, and polar plume. Polar plume ions are accelerated by solar wind electric field and escape to +E hemisphere of the Mars-Sun-Electric field (MSE) coordinates. It is estimated by Dong et al., (2015) that the escape rate is 23% of the total ion escape. This is not negligible in order to understand ion escape from Mars. However, the composition of the plume is unknown. To fully understand the mechanism of polar plume, it is important to study the composition of the plume.
The purpose of this study is to assess the suggested mechanism of the polar plume based on MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) observations. Spatial distribution of the ion number density ratio can be the evidence that plume is accelerated by electric field because the trajectory of accelerated ions depends on the ion mass. Polar plume contains O^+, O_2^+, and CO_2^+ ions. We focused on molecular ions (O_2^+ and CO_2^+) originating from the ionosphere, since O^+ has corona as its source and its spatial distribution becomes complicated. We analyzed observation data by STATIC (Supra Thermal and Thermal Ion Composition) and MAG (magnetometer) onboard MAVEN. STATIC can measure ion distribution functions with mass discrimination. We selected 12 orbits, in which the plume is observed continuously, from two years of data (from December 2014 to December 2016). To derive CO_2^+ number density, we used fitting method invented by Inui et al., (2018). By fitting a log-normal distribution to O_2^+ count data, we eliminated O_2^+ contamination in the CO_2^+ mass range.
In the event on December 23, 2014, MAVEN moved from the dayside solar wind region to nightside induced magnetosphere in the +E hemisphere of the MSE coordinates. During this event, CO_2^+/O_2^+ number density ratio gradually decreased from ~50 % to ~0.2 %. This tendency is consistent with difference of the trajectories of O_2^+ and CO_2^+, when these ions are accelerated from the same position by the solar wind electric field. We also found high density CO_2^+ plume event in which the CO_2^+ number density is ~1 cm^{-3} and its ratio to O_2^+ is ~500 % at the maximum in the dayside solar wind. We will also report on the statistical tendency of the 12 plume events as well as their dependence on solar wind parameters.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：火星、MAVEN、大気流出、二酸化炭素、極域プリューム
Keywords: Mars, MAVEN, atmospheric escape, carbon dioxide, polar plume

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Automated detection of Martian dust devils in multiframe images observed by the MER/Spirit rover.

*矢島 一輝[1]、小郷原 一智[2]
*Kazuki Yajima[1], Kazunori Ogohara[2]

1. 滋賀県立大学大学院工学研究科、2. 滋賀県立大学
1. Graduate School of Engineering, The University of Shiga Prefecture, 2. School of Engineering, The University of Shiga Prefecture

Currently, on the surface of Mars the activity range of rovers has spread far more than before, and the Mars environment is gradually becoming clear. Dust devil on Mars is a phenomenon in which dust rolled up from the surface rises in a spiral shape.
Martian dust devils occur everywhere, especially in the middle and low latitudes, and there are various types ranging from small ones like the whirlwind commonly seen on the planet to huge ones much more than tornadoes. In addition, dust that dust devils wind up from the surface of the Martian ground may absorb and block sunlight, sometimes changing the global circulation of the Martian atmosphere. Therefore, in order to understand dynamics of the Mars atmosphere it is necessary to grasp the statistical nature of dust devils.
Previous studies were to count how many dust devils are present in a single image. However, in many cases, the same dust devil is seen in multiple images. Therefore, it was difficult to count the number of dust devil occurences accurately. The number of dust devils that actually occurred has been overestimated unless we detect and count dust devils visually. In this technological study, we propose an algorithm for automatically measuring the population of dust devils correctly by combining template matching and comparison of patch standard deviation.

キーワード：火星、画像処理、ダストデビル
Keywords: Mars, image processing, dust devil

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Temperature change during the global dust storm period obtained by ground observation of the Martian mesosphere by infrared heterodyne spectroscopy

*宮本 明歩[1]、中川 広務[1]、高見 康介[1]、黒田 剛史[1,3]、村田 功[2]、寺田 直樹[1]、吉田 奈央[1]、鳥海 克成[1]、青木 翔平[4]、笠羽 康正[1]
*Akiho Miyamoto[1], Hiromu Nakagawa[1], Kosuke Takami[1], Takeshi Kuroda[1,3], Isao Murata[2], Naoki Terada[1], Nao Yoshida[1], Katsushige Toriumi[1], Shohei Aoki[4], Yasumasa Kasaba[1]

1. 東北大学大学院理学研究科、2. 東北大学大学院環境科学研究科、3. 国立研究開発法人情報通信研究機構、4. ベルギー王立宇宙科学研究所
1. Graduate School of Sciences in Tohoku University, 2. Graduate School of Environmental Sciences, 3. National Institute of Information and Communications Technology, 4. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy(IASB-BIRA)

火星大気では、ダストストーム発生時そのダストが中間圏(高度70-80[km])まで上昇すると同時に、水蒸気も同高度まで輸送されていることがMars Expressの観測によって明らかにされている[Maltagliati et al.,2013 , Heavens et al.,2018]。この結果、高高度における水の光解離によりHが生成され、H散逸に直接繋がる。つまり、中間圏の現象が火星環境進化に影響を及ぼしうるという新たな発見であり、中間圏の詳細な理解が急務である。そこで私達は、波長分解能10^7(速度分解能10[m/s])を持つ東北大学ヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いた地上観測で10μm帯のnon-LTE CO_2 emissionを観測することにより、高度70-80[km]火星大気中間圏のダストストーム期間中の全球平均温度変化を明らかにする。

観測は2018年6月(太陽黄経Ls=196 南半球春)全球ダストストーム中から11月(Ls=291南半球夏)までハワイハレアカラ山頂東北大観測施設0.6m望遠鏡に実装されたヘテロダイン分光器「MILAHI」を用いて行い、火星中心を空間分解能4秒角で観測している(火星視直径6月19.1秒角、11月10.7秒角) 。赤外レーザヘテロダイン分光による高度70-80[km]でのダストストーム期間中の連続観測は初めてである。

本研究では、観測で得られたemissionのドップラー幅によるkinetic temperature・線強度によるrotational temperatureの両方について温度を導出し[Sonnabend et al.,2008]、得られた結果を比較した。

解析の結果、kinetic temperatureでは6月(Ls=196)で150[K](68%信頼区間それぞれ-1σで122/+1σで189[K])、9月(Ls=240)で125[K](-1σで85/+1σで201[K])と、全球ダストストーム期間中からその終わりにかけて温度が低下したことが分かった。同高度においてダストが輸送されていない大気大循環モデル[Kuroda et al., 2005,2013,2015]の結果と比較すると、Ls=196で126-129[K]、Ls=240で132-135[K]と観測結果とは逆の傾向を示した。これは太陽光に依存するCO_2放射吸収が優位に働き、近日点(Ls=270)に近いLs=240において温度が上昇したと考えられる。しかし今回Ls=196の方が温度が高かったのは、やはりダストによって大気が温められたことが原因ではないかと考察した。

またrotational temperatureの観点から、ダストストーム時からおよそ1/2まで線強度の減少を検出し、kinetic temperatureと同様温度減少を示唆する結果が得られた。

この結果の妥当性検証のため、探査機MAVENの恒星掩蔽観測によって得られた結果とも比較する予定である。本講演では、今後の異なる高度での観測結果との比較などの見通しについても報告する

キーワード：火星、大気中間圏、温度、赤外ヘテロダイン分光器
Keywords: Mars, Mesosphere, Temperature, Infrared heterodyne spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ピリカ望遠鏡による海王星ストームの観測
Observation of Neptune’s storms with Pirka telescope

*佐藤 佑樹[1]、高橋 幸弘[1]、高木 聖子[1]、佐藤 光輝[1]、大野 辰遼[1]
*Yuuki Sato[1], Yukihiro Takahashi[1], Seiko Takagi[1], Mitsuteru Sato[1], Ono Tatsuharu[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Hokkaido University

海王星では直径が4,000 kmを超える巨大なストームが時折発生しており, 先行研究では , ボイジャー2号が1989年5月24日に海王星を観測し, 大暗斑と呼ばれる直径13,000 kmのストームを発見した. 大暗斑は木星の大赤斑と同様南半球に位置していたが, その後, ハッブル宇宙望遠鏡が1994年に観測したところ, 大暗斑は消滅していた. 大暗斑のようなストームは海王星で常に発生しているのか, 突発的なものなのか不明である.

また, 直径9,000 kmのストームが2017年6月26日, 7月2日にケック天文台10 m光学近赤外望遠鏡で観測された. 通常, 海王星のストームは上昇気流が発生している南北の中緯度で発生すると考えられている. しかし, このストームは赤道付近で発生している. 海王星の自転軸傾斜角は29.6度であり, 季節変化によって赤道付近でストームが発生した可能性も考えられる.

ケック天文台やハッブル宇宙望遠鏡によって海王星は観測されているが, それらの望遠鏡を常に海王星観測に使用することは難しい. そのため、短い時間スケールで長期的な海王星ストームの観測は行われていない. 本研究では海王星全体のスペクトルを観測することによって, ストームの移動速度や規模を推定する手法の開発を行った. それにより, シーイングが悪い時でも観測可能になり, 短い時間間隔で長期的な海王星ストームの観測データを取得することができるようになった. この手法で, ストームの詳細な変動を追うことで, 海王星大気の対流構造の理解を深めることに繋げる.

本研究では, 北海道大学が所有する口径1.6 mのピリカ望遠鏡を用いて海王星のスペクトルを観測した. 時期は2017年8月7日から2018年1月17日, 2018年10月22日から11月26日までである. 2017年の観測波長は650-1050 nm, 2018年は890, 855 nmである, 本研究では, メタンが890 nmを強く吸収するという性質を用いる. 海王星大気にはメタンが存在し, 890 nmで海王星を観測すると, 周りの領域よりも高度の高いストームはより明るく見える. よって,ストームがある面を観測すると890 nmフラックスは大きくなる. また, 海王星の自転によって, 観測点からのストームの見た目の大きさは変化するため, 890 nmのフラックスも変化する.地球大気の影響を補正するために, 890 nmフラックスと他波長のフラックスの比をとり, 相対強度を求めた. 890 nmフラックスの相対強度の理論値を求め, その理論値と観測値を比べ, フィッティングをすることで, ストームの移動速度や規模を見積もった. ストームの面積を仮定しストームの890 nm反射率を求め, ストームの規模は面積と反射率の積とした.

2017年のストームの移動速度は47.5˚/ day、2018年は24.9˚/ dayと推定した. 2017年のストーム規模は, ストーム直径を9,000 kmとし890 nm反射率を0.217と推定し, 2018年では, ストーム直径を4,500 kmとし890 nm反射率を0.105と推定した. Edward Monlter et al.(2019)の研究では, 2017年のストームは北緯2度に位置し, 移動速度は 237.4 ±0.2 m/s, 47.78 ±0.04˚/ day と示している。本研究で推定した移動速度と整合性がある.

キーワード：海王星、地上観測
Keywords: Neptune, Ground-based Observations

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

積乱雲観測に基づく木星東西風形成メカニズムの研究
The study of Jupiter’s zonal wind formation mechanism based on cumulonimbus observation

*大野 辰遼[1]、高橋 幸弘[1]、渡部 重十[1]、高木 聖子[1]
*Tatsuharu Ono[1], Yukihiro Takahashi[1], Shigeto Watanabe[1], Seiko Takagi[1]

1. 北海道大学・大学院理学院・宇宙理学専攻
1. Department of Cosmosciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

ガリレオ探査機による観測から，積乱雲の上昇気流による対流と，その対流によって形成される小規模渦が連続的に形成・結合し，ベルトやゾーンを形成する東西風が発生するという仮説が提唱されている[Gierasch et al.,2000, Ingersoll et al., 2000]．積乱雲の形成について数値計算より，数日から100日スケールの間欠性が提唱されている[Sugiyama et al., 2014]．先行研究の積乱雲についての観測では，探査機により数日から1ヶ月程度の観測が行われた．先行研究の観測時間は数値計算での時間スケールより短いために，観測的に積乱雲の時間変動はわかっていない．そのために，北海道大学の所有する有効径1.6 mのピリカ望遠鏡などの地上望遠によって得られた多波長の画像から雲の鉛直構造を捉え，積乱雲の時間変動を明らかにし，同時に東西風の時間発展と比較することで，積乱雲形成と東西風の関係性を明らかにすることが，本研究の目的である．

今回，2017年1月から6月までのピリカ望遠鏡に搭載された可視光マルチスペクトル撮像観測装置(MSI)(ピクセルスケール = 0.39”/pix)による，727 nm, 756 nm, 889 nmのフィルターを用いた観測結果とその解析結果を同時期の東西風変化と比較した結果について紹介する．これらの波長を用いると，高い雲頂高度の雲は周囲の雲との雲頂高度の違いから生じる光路長の差によって明るく見える．雲頂高度の高い積乱雲は明るい領域として観測されることを利用して積乱雲を同定する．この観測で得られた画像は，ハイパスフィルターの一種であるガウス差分の処理を行い細かな模様を抽出し，積乱雲の同定を行いやすくした．シミュレーションから，1つの積乱雲が生成され消滅してから新たな積乱雲が1つ生成されるまで，5-100日の間隔があると推測されている[Sugiyama et al.,2014]．したがって，2,3日に1回観測を実施することを目標とした．今回の観測では，61夜観測を実施し，連日観測ができた時期と，1週間以上観測日の間隔が空いた時期があった．平均的なシーイングは3.0秒角であった．これらの観測結果のうち，シーイングが2.16秒角，木星の表面で約5000kmの空間分解能の条件下で，木星の経度約90-180度を観測した2017年04月20日の多波長観測から，積乱雲の候補として雲頂高度の高い部分が南緯約12度，経度約120度に観測された．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，該当座標に白く明るい模様が確認されている．2017年04月23日の画像から，同じ緯度経度にピリカ望遠鏡で観測したときに，明るい雲は確認されなかった．同時期に観測されたアマチュアの画像を比較すると，同じ座標に白く明るい模様は確認されなかった．2017年4月16日にピリカ望遠鏡で同じ経度を観測できなかったが，同日のアマチュア画像では白く明るい雲は確認できなかった．17日のアマチュア画像では白く明るい雲が確認されたことから，南緯12度，経度約120度の積乱雲候補の雲は6日程度の寿命であったと考えられる．積乱雲形成前後のアマチュア画像を利用して推定した風速変化を確認すると，積乱雲が形成されるときには，仮説通りの東西風の加速が生じ，積乱雲が消滅するときには，仮説とは逆に東西風の減速が生じていた．しかし，他日付の観測データでの風速時間変動では，4月20日に確認されたような関係性が見られなかった．ただし，積乱雲と東西風の関係性を明らかにするには，十分な精度で東西風を推定できていない．また十分なデータ数を得られていない．これらのことから，積乱雲と東西風の関係性についてはまだ推測の域を出でいない．

キーワード：木星、積乱雲、対流、地上望遠鏡、雷雨
Keywords: Jupiter, Cumulonimbus, Convection, Ground-based telescope, thunderstorm

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Development of a radial diffusion model of Jovian inner magnetospheric plasma aimed at comparison with HISAKI satellite observation

*山口 和輝[1]、坂野井 健[1]、土屋 史紀[1]、鍵谷 将人[1]、古賀 亮一[1]、木村 智樹[2]
*Kazuki Yamaguchi[1], Takeshi Sakanoi[1], Fuminori Tsuchiya[1], Masato Kagitani[1], Ryoichi Koga[1], Tomoki Kimura[2]

1. 東北大学大学院惑星プラズマ・大気研究センター、2. 東北大学学際科学フロンティア研究所
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University

惑星分光観測衛星ひさきは衛星イオの火山活動の変化に伴う木星内部磁気圏でのプラズマ増大・減少を捉えた。本研究は、木星内部磁気圏の複数のイオンおよび電子間の相互作用と動径方向輸送を理解することを目的とし、プラズマの質量及びエネルギーの収支と時間変化の追跡が可能な拡散モデルを開発した。また、このモデル結果とひさき衛星の観測と比較を行った。

木星第一衛星イオでは活発な火山活動があり、火山ガス起源のプラズマが内部磁気圏に放出される。プラズマは木星と共回転することでイオの公転軌道に沿ってドーナツ状に分布しており、イオプラズマトーラスと呼ばれている。木星内部磁気圏のプラズマは質量の9割が衛星イオの大気から供給され、木星の自転角運動量からエネルギーを得ながら動径方向に数十日の時間スケールで輸送される。また、輸送の過程で、衛星起源の重イオンプラズマ（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）は化学的な相互作用によって組成比、エネルギーが変化する[Delamere & Bagenal, 2003]。木星内部磁気圏におけるプラズマの質量とエネルギーの収支を知ることは、磁気圏のマクロな物理現象を理解する上で重要な課題である。

定常状態の木星内部磁気圏プラズマの動径方向分布モデルはVoyager1,Voyager2,Cassini探査機の観測結果に基づいて開発されている[Delamere *et al.*, 2005]。しかし、動径方向分布の時間変動を追跡できるモデルは研究報告がない。その背景として、これまでの探査機が、イオプラズマトーラスの空間分布を長期観測できなかったことが挙げられる。ひさき衛星は惑星観測専用の宇宙望遠鏡として連続運用されており、木星内部磁気圏の長期観測が可能である。実際に2015年1月下旬から4月上旬の約二か月間にわたって、イオからのプラズマ供給の増加に伴うイオプラズマトーラスの空間分布の変化が確認されている[Tsuchiya *et al.*, 2018, Yoshioka *et al.*, 2018]。

本研究ではイオ起源の主要な重イオン（O^+,O^{2+},S^+,S^{2+},S^{3+}）の質量およびエネルギーの収支と動径方向輸送の時間発展を追跡可能なモデルをFokker-Planck方程式に基づき開発した。方程式系はDelamere *et al*.（2005）が開発した定常状態の磁気圏プラズマの質量およびエネルギー輸送モデルを基に、Forward Time Central Space（FTCS） 法により差分化した。イオン、電子間の化学的な相互作用はDelamere & Bagenal (2003)で用いられている電荷交換、電子衝突電離、電子再結合、クーロン相互作用、および電子衝突励起による放射項の係数を利用し、体積放射率はCHIANTIデータベースを利用して算出した。各イオン種と熱的電子の温度、密度の初期値はYoshioka *et al.*(2018)より、イオ火山活動が静穏であった2013年11月のひさき衛星観測結果を用いた。中性原子（O,S）の分布は動径方向のみに依存すると仮定した。内側境界条件は$6R_J$で密度の空間微分を0、イオン温度を60eVとし、外側境界条件は$30R_J$で密度、温度ともにひさき観測結果から得られる関数の計算値で固定した。この設定の下でモデルの妥当性を検証するため、$6\text{-}9R_J$の領域における各イオン種と電子の定常状態の温度、密度をひさき衛星の観測結果と比較した。定常状態では、高価数のイオン種ほど観測より高密度となり、O^{2+}の数密度は観測値の1.2-2.0倍であった。モデルでは電子温度が6-8eVと計算さ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

れ、観測より数eV高温であったことから、電子衝突電離により高価数のイオン密度が高くなったと考えられる。今後、電子温度が数eV高く計算された原因を調べる必要がある。イオン温度は、特に低価数のイオンが観測に比べ高温となり、O^+は$12R_J$で280eV以上の温度となった。これは観測値より高い電子温度によって中性原子のイオン化が促進され、pick-upイオンによる加熱が促進されたためと考えられる。本発表ではモデルと観測の詳細な比較とその定量的な検証結果ついて述べる。

キーワード：木星、ひさき衛星
Keywords: Jupiter, HISAKI

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

磁気圏電子とエンケラドス衛星起源H_2Oとの弾性衝突によるピッチ角散乱：テスト粒子シミュレーション
Pitch angle scattering due to elastic collisions between magnetospheric 500eV-50keV electrons and neutral H_2O originated from Enceladus: Test particle simulation

*田所 裕康[1]、加藤 雄人[2]
*Hiroyasu Tadokoro[1], Yuto Katoh[2]

1. 武蔵野大学、2. 東北大学
1. Musashino University, 2. Tohoku University

Water group neutrals (H_2O, OH, and O) in Saturn’s inner magnetosphere play the dominant role in loss of energetic electrons and ions because of abundance of the neutrals [e.g., *Paranicas et al.,* 2007; *Sittler et al.,* 2008]. The observations of injected plasmas in the inner magnetosphere suggest that these particles do not survive very long time due to the neutral cloud originated from Enceladus [e.g., Paranicas et al., 2007; 2008]. Thus, the previous studies suggested that the neutral cloud contributes to loss processes of plasma in the inner magnetosphere. However, little has been reported on a quantitative study of the electron loss process due to electron-neutral collisions.

In this study, we focus on the elastic collisional loss process with neutral H_2O originated from Enceladus. Conducting one dimensional test particle simulation, Tadokoro et al., [2014] examined the time variations of equatorial electron pitch angle distribution and electrons within loss cone through 1keV electron pitch angle scattering due to elastic collisions around Enceladus. The result showed that the electrons of 11.4 % are lost in ~380 sec. The time corresponds to the time scale of the co-rotation of the flux tube passing through the region of the dense H_2O in the vicinity of Enceladus. Assuming the uniform azimuth H2O density structure in the Enceladus torus, they estimated the electron loss rate of 33% during one co-rotation.

Next remaining issue is a calculation of energy dependent electron loss rate. We show the loss rates through pitch angle scattering of electrons with 500 eV –50keV and the comparison of the loss rates between the high (in the vicinity of Enceladus) and low (in the Enceladus torus) H_2O density regions. We also show the calculation errors by making several times calculations.

キーワード：エンケラドス、ピッチ角散乱、電子ー中性衝突、テスト粒子シミュレーション
Keywords: Enceladus, Pitch angle scattering, electron-neutral collision, test particle simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可視マルチバンドイメージング観測による木星表層大気ダイナミクスの研究

Study of Jovian atmosphere dynamics by a multi-band imaging observation

伊藤 颯[1]、弘田 澄人[2]、田部 一志[3]、*鈴木 秀彦[1]
Hayate Ito[1], Sumito Hirota[2], Isshi Tabe[3], *Hidehiko Suzuki[1]

1. 明治大学理工学研究科、2. かわさき宙（そら）と緑の科学館、3. 月惑星研究会
1. Meiji university, 2. Kawasaki municipal science museum, 3. Association of Lunar and Planetary Observers in Japan

木星上層大気には様々な構造が存在している。例として、帯(Zone)、縞(Belt)と呼ばれる特徴的な縞構造や、大赤斑(Great Red Spot : GRS)をはじめとする大小様々な渦構造が挙げられる。これらの構造の空間スケールや見た目の色は様々なタイムスケールで目まぐるしく変動していることが地上からの精力的な観測により知られている。表面構造の色は渦の収縮や合体などに伴って変動することが多い事から、地上から得られる見かけの色変動の情報は木星表面大気ダイナミクス解明のカギになると考えられている。本研究の目的は、木星表面上で起こる様々な渦の形態と色の変動を地上観測により精密に捉え、木星表面構造の色変化とそのメカニズムを解明する事である。そこで、本研究では分光データと構造の空間変動を同時に得ることのできるマルチバンドイメージング観測手法を開発した。観測対象となる帯域の決定には先行研究の分光観測データを参照し、木星表面で起こる色変化を効率よく捉えるための7バンドを選定した。さらに7バンドの画像を合成し、忠実な天然色画像を作成するために不可欠なバンド間相対感度を室内実験によって決定した。本発表では、開発したマルチバンドイメージング観測装置によって得られた初期観測結果について報告する。特に木星表面構造のうち最も代表的かつ永続的なSEB・EZ(Equatorial Zone)・NEB(North Equatorial Belt)・GRSに着目し、探査機カッシーニ、ハッブル宇宙望遠鏡によって得られたスペクトルとの比較検証結果を報告する。

キーワード：木星、木星大気、分光観測、マルチバンドイメージ
Keywords: Jupiter, Jovian atmosphere, spectroscopy, Multi-band imaging

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Examination of the relation between Jupiter's inner magnetosphere and magnetic reconfiguration events

*三澤 浩昭[1]
*Hiroaki Misawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター
1. Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

It is known that Jupiter's synchrotron radiation (JSR) has information on dynamics of the deep inner magnetosphere. We have made JSR observations in the decimeter radio wavelength more than a decade, and has showed that JSR generally shows short term variations by more than several tens percent with the time scale of days to weeks. A plausible causality of such the short term variations is due to solar UV/EUV variations; i.e., the solar UV/EUV heating for Jupiter's upper atmosphere drives neutral wind perturbations, and the induced dynamo electric field leads to enhancement of radial diffusion of relativistic electrons in the inner magentosphere. and then JSR shows variations. This scenario was initially proposed by Brice and McDonough [1973] and observationally confirmed by Miyoshi et al. [1999], Tsuchiya et al. [2011] and Kita et al., [2013] which is so to speak, an externally driving process. However, this scenario cannot be always applicable to any short term JSR variations, particularly fast variations with the time scale within a few days, and any other processes are required (Kita, 2015; Tsuchiya et al., 2019).
As a process which might explain such a fast variation in Jupiter's magnetosphere, an internally driving process, so-called 'substorm like event', is known (see Louarn et al., 2014). This phenomena is interpreted as a magnetic reconfiguration event occurred in the Jupiter's magnetotail region. Although it is revealed that major magnetic reconfiguration events generally affect the whole magnesphere from 10 to 80-120 Rj (Jupiter's radii), however, it has not been known whether the events affect the inner magnetosphere within 2 Rj.
In order to reveal unknown dynamics of the fast variations in JSR, we have tried to examine relationship between the fast variations and magnetic reconfiguration events. In this study we have used the plasma data explored by the Galileo orbiter in Jupiter's magnetosphere and also Jupiter's particular radio wave component in the hectrometer wave range (see Misawa et al., 2018) for searching magnetic reconfiguration events, and we have compared them with the daily JSR monitoring data at 327MHz observed with the radio telescopes of ISEE, Nagoya University, Japan. In the presentation, we will show results of the examination and discuss a linkage possibility between Jupiter's inner magnetosphere and magnetotail region.

キーワード：木星、放射線帯、極短期変動、磁気再結合
Keywords: Jupiter, radiation belt, fast variation, magnetic reconfiguration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

太陽風の荷電粒子が惑星の大気におよぼした影響
Effects of the charged particles of solar wind on planetary atmospheres

*唐澤 信司[1]
*Shinji Karasawa[1]

1. 宮城工業高等専門学校 名誉教授
1. Miyagi National College of Technology Professor emeritus

太陽風の担い手は、太陽の自転による反時計回転方向に2km/secの回転成分を伴って平均速度450km/secで太陽から放射される質量のある荷電粒子のプロトン(H^+)です。磁気を持たない金星の正面に太陽風が衝突すると太陽風の回転運動成分が歯車の噛み合う仕組みで惑星の大気を時計回転方向に動かします。太陽風が金星の上空の雲を金星の西側に剥ぎ取るような姿の写真があります。この金星のスーパーローテーションは高度60kmの上空では100m/secですが金星の赤道の地面の自転速度は1.6 m/secです。金星の気圧はCO_2の3重点の72.8気圧を超えて90気圧もあり、CO_2の大気が地面に接して移動を続けて金星の自転を太陽の自転と反対の時計回転方向で1.6m/secの地表速度にしたと推測されます。

タイタンでは120kmの高度で最大120 m/sのスーパーローテーションが発生しています。タイタンの公転軌道の半径は120万kmで土星の110万kmの磁気圏の伸長した部分を通過します。太陽風のH^+が土星の磁場に入ると磁束に巻きついて直進せずに磁場に滞留します。H^+が電子を伴いプラズマとなって土星の自転と共に10.7時間で回転しています。タイタンの公転軌道では磁気圏の移動速度は200km/secになります。そこで、タイタンの表面は10.7 時間の周期で土星の磁気圏に滞留する荷電粒子のH^+が固体のCO_2にシャワーのように衝突してCH_4を生成し、液体のCH_4ができます。H^+の衝突速度はタイタンの土星に面した側と裏側では最大で843 m/secの差があり、タイタンの大気を土星の自転と同じ回転方向で周回させます。

[参考動画、唐澤信司, https://www.youtube.com/watch?v=3upO1KcvxF4&feature=youtu.be]

キーワード：太陽風、磁気圏、スーパースーローテーション、金星、土星、タイタン
Keywords: Solar wind, Magnetoshere, Superrotation, Venus, Saturn, Titan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

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

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

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

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

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

黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化
Temporal and spacial changes in relative vorticity along the Kuroshio axis

*平野 雄也[1]、植原 量行[1]
*Yuya Hirano[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院地球環境科学研究科
1. The Graduate School of Geo-environmental Science, Tokai University

黒潮は北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流であり，東シナ海を北上した後，本州南岸を沿うように東方へ流れる．本州南岸の黒潮は，直進流路状態と蛇行流路状態の二峰性流路を有する事が知られ，それぞれ，非大蛇行流路(non-large-meander path)，大蛇行流路 (large-meander path) と呼ばれている (Kawabe, 1995)．このような黒潮流路の遷移は周辺の海洋構造 (水温，塩分，海流) を大きく変化させ，海洋の生物生産に多大な影響を与える事が予測される (例えば，山田・久野，2007)．また，黒潮の流路変化は，大気へ局所的な影響をもたらす事が示唆されている事から (Nakamura et al.，2012)，大気海洋相互作用の研究においても重要な研究課題の一つである．

黒潮流路の遷移過程について，これまで多くの研究が行われてきた．一般的に，非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移は九州南東沖に発生する 「黒潮小蛇行」の東方伝搬に起因することが知られているが (例えば，Solomon，1978；関根，1895；川辺，2003)，全ての小蛇行が大蛇行の形成に至るわけではない．多くの場合，小蛇行の伝搬が九州南東沖から紀伊半島まで到達するまでに，蛇行の振幅は減少する．本研究では，AVISO (Archiving Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data) の絶対海面力学高度データを用いて，黒潮流軸上に沿った相対渦度の変化を調べることにより，本州南岸において黒潮を離接岸させる経緯について詳細に記述していくことを目的とする．ここで，絶対海面力学高度データの時間解像度は weekly mean，空間解像度は 0.25˚ ×0.25˚ 格子，解析期間は1993 年 1 月 4 日～2018 年 6 月 4 日までの 26 年 6 ヶ月の期間である．加えて，本州南岸に定常的に存在する四国沖再循環の強度，再循環の中心位置の変化についても着目する．

キーワード：黒潮、流路遷移
Keywords: The Kuroshio, path transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The Kuroshio large meander in 2017 and its coastal impact reproduced by a 2-km resolution assimilation model

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1]
*Nariaki Hirose[1], Norihisa Usui[1], Kei Sakamoto[1], Goro Yamanaka[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2017年8月下旬に2年ぶりに黒潮大蛇行が発生した。この大蛇行の再現と大蛇行が沿岸域に及ぼす影響を調べるために、気象研究所で開発された2km解像度のデータ同化モデルを用いて同化予測実験を行った。モデル結果は、大蛇行の形成過程とそれに関連した沿岸水位や沿岸水温の変動を良好に再現していた。2017年9月には、四国の室戸岬東で急潮が発生したことが報告されている。モデル結果は、この急潮が黒潮上を伝わってきた、低気圧性偏差を伴う擾乱によって生じたことを示していた。また、10月末には、静岡から三重にかけての沿岸域に、黒潮系の暖水が入り込む暖水波及が再現された。この暖水は、大蛇行の東側の北上流から西に分岐下流れによってもたらされていた。発表時には、予報結果も交えてより詳しいプロセスに言及する予定である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年夏の黒潮大蛇行再強化
Reintesification of the Kuroshio Large Meander in Summer 2018

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1]
*Toru Miyama[1], Yasumasa Miyazawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Application Laboratory

2017年8月末に始まった黒潮大蛇行は、始まってから1年以上経つ。既に前回の2004/2005年や前々回の1989/1990のイベントよりも長くなっている。大蛇行を構成する低気圧性渦の強さをFRA-JCOPE2再解析(Miyazawa et al. 2009)の135-140ºE 30-35ºN海面高度の最低値として定義すると(小さいほど渦は強い)、渦の強さは黒潮大蛇行が始まって強化された後、2018年の春からは弱化に転じている。しかし、2018年の夏からは再び強化に転じた。同様な傾向は海面下の温度場にも見られる。さらに観測された力学高度(E.U. Copernicus Marine Service Information)でも確かめられた。1975-80年の大蛇行の時は，晩春から夏の時期に 毎年冷水渦の強さが回復したとSekine et al. (1985)で報告されている。したがって、2018年夏に見られた黒潮大蛇行の再強化は、今回の大蛇行が長く続いていることに何らかの役割を果たしている可能性がある。本公演でその時の状況と力学について報告する。

キーワード：黒潮大蛇行、海洋再解析、渦
Keywords: Kuroshio large meander, ocean reanalysis, eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-OS17] 黒潮大蛇行

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

2017年8月から黒潮が大蛇行を始めた。大会時点でまだ続いているか終息しているかは不明ながら、2004-2005年以来となる12年ぶりの黒潮大蛇行は、社会の関心も高い日本周辺海域の大イベントだと言える。本セッションでは、黒潮大蛇行の動向、力学、影響、過去の事例との比較などついて議論する。海洋物理、生物、化学、大気影響の様々な視点からの発表を歓迎する。

[AOS17-P01] 黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化

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

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

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

[AOS17-P03] 2018年夏の黒潮大蛇行再強化

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

黒潮流軸に沿う相対渦度の時空間的変化
Temporal and spacial changes in relative vorticity along the Kuroshio axis

*平野 雄也[1]、植原 量行[1]
*Yuya Hirano[1], Kazuyuki Uehara[1]

1. 東海大学大学院地球環境科学研究科
1. The Graduate School of Geo-environmental Science, Tokai University

黒潮は北太平洋亜熱帯循環の西岸境界流であり，東シナ海を北上した後，本州南岸を沿うように東方へ流れる．本州南岸の黒潮は，直進流路状態と蛇行流路状態の二峰性流路を有する事が知られ，それぞれ，非大蛇行流路(non-large-meander path)，大蛇行流路 (large-meander path) と呼ばれている (Kawabe, 1995)．このような黒潮流路の遷移は周辺の海洋構造 (水温，塩分，海流) を大きく変化させ，海洋の生物生産に多大な影響を与える事が予測される (例えば，山田・久野，2007)．また，黒潮の流路変化は，大気へ局所的な影響をもたらす事が示唆されている事から (Nakamura et al.，2012)，大気海洋相互作用の研究においても重要な研究課題の一つである．

黒潮流路の遷移過程について，これまで多くの研究が行われてきた．一般的に，非大蛇行流路から大蛇行流路への遷移は九州南東沖に発生する 「黒潮小蛇行」の東方伝搬に起因することが知られているが (例えば，Solomon，1978；関根，1895；川辺，2003)，全ての小蛇行が大蛇行の形成に至るわけではない．多くの場合，小蛇行の伝搬が九州南東沖から紀伊半島まで到達するまでに，蛇行の振幅は減少する．本研究では，AVISO (Archiving Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data) の絶対海面力学高度データを用いて，黒潮流軸上に沿った相対渦度の変化を調べることにより，本州南岸において黒潮を離接岸させる経緯について詳細に記述していくことを目的とする．ここで，絶対海面力学高度データの時間解像度は weekly mean，空間解像度は 0.25˚ ×0.25˚ 格子，解析期間は1993 年 1 月 4 日～2018 年 6 月 4 日までの 26 年 6 ヶ月の期間である．加えて，本州南岸に定常的に存在する四国沖再循環の強度，再循環の中心位置の変化についても着目する．

キーワード：黒潮、流路遷移
Keywords: The Kuroshio, path transition

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The Kuroshio large meander in 2017 and its coastal impact reproduced by a 2-km resolution assimilation model

*広瀬 成章[1]、碓氷 典久[1]、坂本 圭[1]、山中 吾郎[1]、高野 洋雄[1]
*Nariaki Hirose[1], Norihisa Usui[1], Kei Sakamoto[1], Goro Yamanaka[1], Nadao Kohno[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

2017年8月下旬に2年ぶりに黒潮大蛇行が発生した。この大蛇行の再現と大蛇行が沿岸域に及ぼす影響を調べるために、気象研究所で開発された2km解像度のデータ同化モデルを用いて同化予測実験を行った。モデル結果は、大蛇行の形成過程とそれに関連した沿岸水位や沿岸水温の変動を良好に再現していた。2017年9月には、四国の室戸岬東で急潮が発生したことが報告されている。モデル結果は、この急潮が黒潮上を伝わってきた、低気圧性偏差を伴う擾乱によって生じたことを示していた。また、10月末には、静岡から三重にかけての沿岸域に、黒潮系の暖水が入り込む暖水波及が再現された。この暖水は、大蛇行の東側の北上流から西に分岐下流れによってもたらされていた。発表時には、予報結果も交えてより詳しいプロセスに言及する予定である。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年夏の黒潮大蛇行再強化
Reintesification of the Kuroshio Large Meander in Summer 2018

*美山 透[1]、宮澤 泰正[1]
*Toru Miyama[1], Yasumasa Miyazawa[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Application Laboratory

2017年8月末に始まった黒潮大蛇行は、始まってから1年以上経つ。既に前回の2004/2005年や前々回の1989/1990のイベントよりも長くなっている。大蛇行を構成する低気圧性渦の強さをFRA-JCOPE2再解析(Miyazawa et al. 2009)の135-140ºE 30-35ºN海面高度の最低値として定義すると(小さいほど渦は強い)、渦の強さは黒潮大蛇行が始まって強化された後、2018年の春からは弱化に転じている。しかし、2018年の夏からは再び強化に転じた。同様な傾向は海面下の温度場にも見られる。さらに観測された力学高度(E.U. Copernicus Marine Service Information)でも確かめられた。1975-80年の大蛇行の時は，晩春から夏の時期に 毎年冷水渦の強さが回復したとSekine et al. (1985)で報告されている。したがって、2018年夏に見られた黒潮大蛇行の再強化は、今回の大蛇行が長く続いていることに何らかの役割を果たしている可能性がある。本公演でその時の状況と力学について報告する。

キーワード：黒潮大蛇行、海洋再解析、渦
Keywords: Kuroshio large meander, ocean reanalysis, eddy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

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

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

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

深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて

Fresh bias with pressure dependency at the measurements of SBE 41CP for deep float

*小林 大洋[1]
*Taiyo Kobayashi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年、深海アルゴの構築に向けて、深海用フロートの展開が国際的に進められている。深海における水温や塩分などの変化は、表層と比べてずっと小さいため、深海用フロートに求められる観測精度は、これまでよりも高いものが要求される。海洋研究開発機構は、鶴見精機と共同で開発した深海用フロートDeep NINJAを2019年1月末現在までに28台投入した。このうち20台については、データ精度の検証のため投入に併せて観測船によるCTD観測を行っている。本研究では観測データの品質評価の可能な18台分について解析を行った。

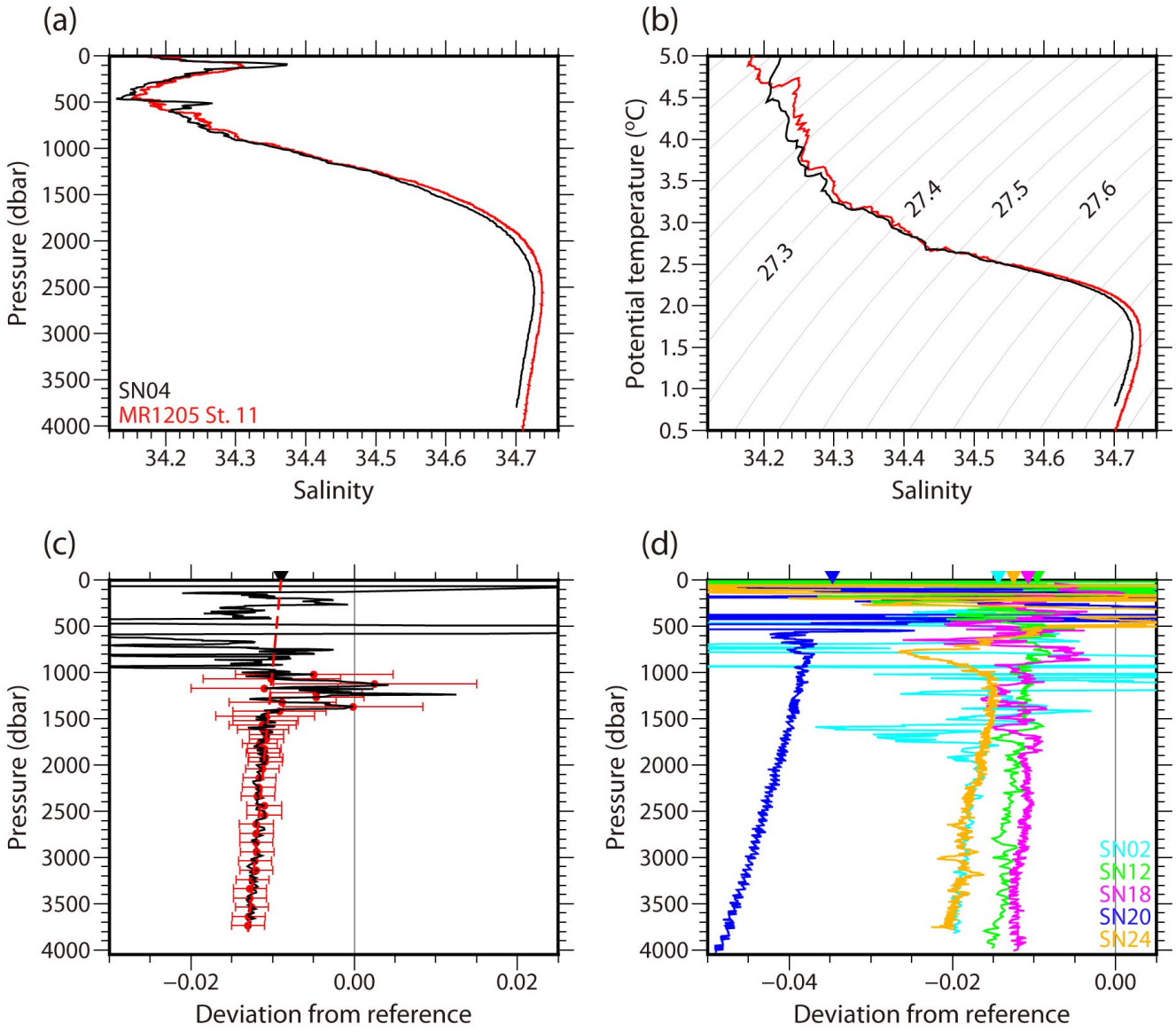
図１はSN4が観測した最初のプロファイルを観測船「みらい」のCTDデータと比較したものである。フロートの塩分観測値が船舶データよりも低いことは明らかだが、そのバイアスは圧力に比例して増加していくことが分かる。このような特徴は他のフロートにおいても認められる。

そこで塩分バイアスを$S = S_{offset} + a_p \, x \, p$ (p：圧力)と表すと、その結果は以下のようにまとめられる。検証可能な18台全てで2000m以深に負の塩分バイアスがあることを示しており、その値が-0.01を超えるものが14台と、大半を占める。圧力依存性の大きさを示すa_pは例外なく負であり、これにより塩分は1000 dbarあたり平均で-0.0015程度低下していく。また海面で予想される塩分バイアスS_{offset}もほとんどのフロートで負であり、メーカーによる公称精度（±0.01）を満たすものは2台に過ぎない。S_{offset}はセンサ検定時とほぼ同じ状況で得られていると考えられるから、この問題はかなり深刻である。また、a_pが小さいものほどS_{offset}も小さくなるという関係が得られている。このことはこの問題が同一の原因から生じていることを示唆する。

この圧力依存性を持つ低塩バイアスの原因として、Deep NINJAが搭載している深海フロート用SBE41CP CTDセンサの電気伝導度計測セルの圧力による変形の補正が不十分であることが疑われる。Sea-Bird社では、計測セルをホウ珪酸ガラスPyrex®製の一重セルと仮定し、その物理特性から予想される変形に基づいて補正係数を与えている。しかしながら実際の計測セルは、Pyrex®製セルをポリウレタンで覆う二重構造であるから、二重セルの内側セルとしてのPyrex®製セルの変形に基づいた補正係数でなければならない。そこで単純な円筒構造を持つ二重セルを仮定し、周囲から一様の圧力がかかる場合の変形を計算した。その結果、内側セルの変形は想定されているものよりも大きく、現在のSBE41CPの設定では、塩分観測値に負の圧力依存性($a_p < 0$)が発生することを定性的に説明することができる。またフロートが深海に沈降した際、高圧・低温下で圧縮されたポリウレタンが硬化することが考えられる。そのため、フロートが浮上しつつ水圧から解放されても、外側セルが内側セルに内部応力を通じて圧をかけるため内側セルの内径は縮み、全長は伸びる。これにより$S_{offset} < 0$となる。このような計測セルの変質はDeep NINJAの最初の(深海への)沈降の際に生じるため、メーカーにより精密に調整されているにも拘わらずほぼ全てのSBE41CP CTDセンサに低塩バイアスが生じたものと考えられる。

キーワード：深海アルゴ、塩分観測
Keywords: Deep Argo, salinity measurements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2]
*Yuma Kawakami[1,2], Yoshiteru Kitamura[1], Toshiya Nakano[1,2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

Recently, long-term thermohaline changes in the surface and subsurface of the world ocean, such as the global warming and the intensification of salinity contrast between basins or regions, are continuously reported. Since changes of temperature and salinity greatly influence not only the density-driven geostrophic ocean circulation but also the marine ecosystem, sea levels and climates, monitoring of the ocean variations and understandings of those mechanisms are important.

Numerous scientific knowledges about thermohaline variations in the subsurface and intermediate layers of the North Pacific subtropical gyre including significant freshening in the thermocline/halocline and fluctuation in a decadal timescale were given by previous researches. However, many of them described in the western part of the subtropical gyre, and studies in its central part have been more limited partially due to the lack of data even though large scale atmospheric forcing generates great long-term thermohaline variations in there. Since thermohaline anomalies in the central North Pacific are mostly transported to the west by the Rossby waves or subsurface water masses flowing along the anticyclonic geostrophic circulation, examinations in the central subtropical gyre may be helpful for better understandings of thermohaline variations in the whole North Pacific.

In this study, we analyzed the repeat hydrography along the 165°E meridian maintained by Japan Meteorological Agency since 1996 to examine long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre. As a result, in the subsurface of the southern part of the subtropical gyre corresponding to North Pacific Tropical Water (NPTW) characterized as the salinity maximum, a significant incresing salinity trend was detected. In this region, potential temperature and salinity also performed an inter-annual variation. On the other hand, in the greater part of the main thermocline/halocline, a significant decreasing trend was observed. In addition, potential temperature and salinity clearly fluctuated in a decadal timescale.

Causes of these variations were further investigated. Then we confirmed that variations in the subsruface around NPTW were originated in the surface mixed layer in the western part of its formation region to the east of the 165°E meridian by temporal changes of freshwater flux and eddy diffusion, and anomalies were transported by the westward geostrophic flow, as demonstrated by previous studies. We also found that thermohaline anomalies in the intermediate layers around the main thermocline/halocline derived from variations of winter mixed layer properties in the central North Pacific. A long-term variation of mixed layer temperature caused by changes of winter atmospheric forcing induced meridional migrations of isopycnal outcrops and thermohaline anomalies on there. Such anomalies were widely distributed to the subtropical gyre by mode waters such as North Pacific Subtropical Mode Water (STMW) in a few years.

キーワード：海洋観測定線、長期変化、十年規模変動
Keywords: Repeat hydrography, Long-term changes, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出
First detection of chlorofluorocarbons into bottom layer in the Melanesian Basin of the North Pacific

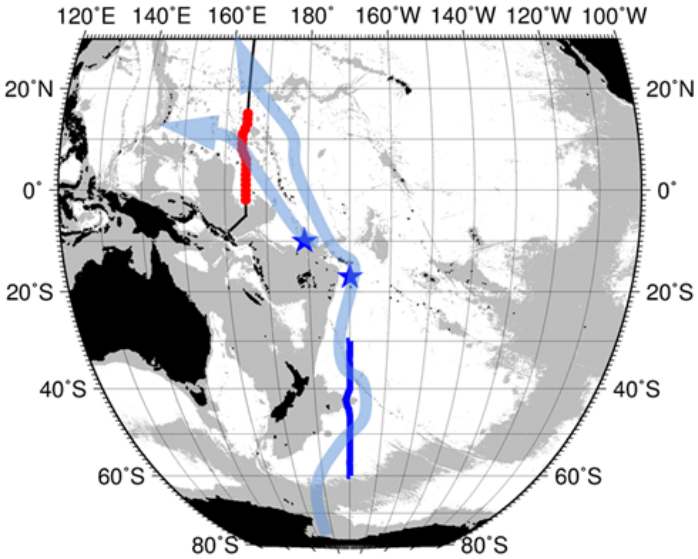
*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2]
*Toshiya NAKANO[1], Kazutaka ENYO[1], Daisuke SASANO[1], Shogo URAKAWA[2], Hiroyuki TSUJINO[2], Hideyuki NAKANO[2], Masao ISHII[2]

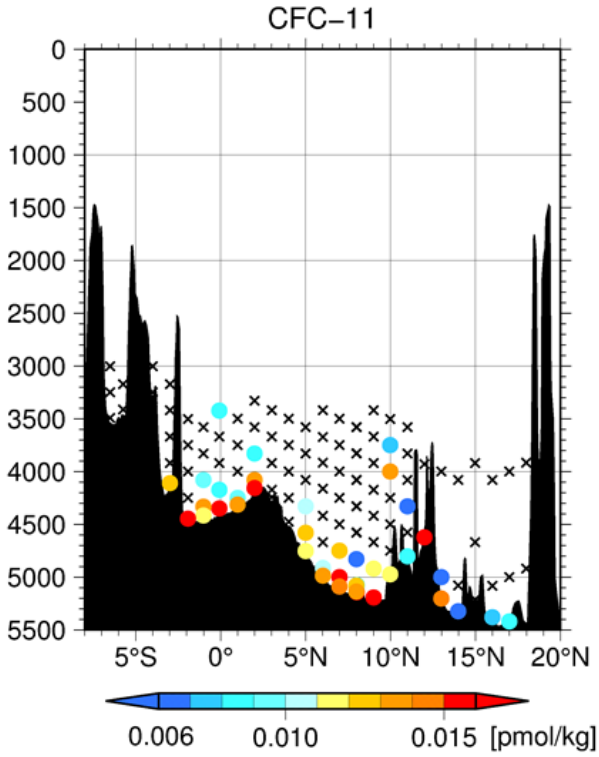
1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

フロン類は、人工的に合成され、もともと自然界には存在しなかった化学物質である。海水中のフロン濃度は、多くの水塊の形成率の評価や、形成域で沈み込んでからの経過時間の分布の解明に利用されてきた。また、底層のフロン類の観測は、底層水の移流・拡散経路の解明に有効である。気象庁は、2018年8月6日–9月27日に「凌風丸」で東経165度に沿ったWOCE（World Ocean Circulation Experiment）-P13測線のGO-SHIP（Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigation Program）再観測を行った。この観測においては、CFC-11、-12、-113の測定も行い、17°N–3°Sのメラネシア海盆内の底層付近において、検出下限（0.006±0.0011 pmol/kg）を超えるCFC-11の検出に初めて成功した。この結果は、南大洋で沈み込んだ下部周極底層水が、サモア水路を通り、赤道を越えて北太平洋のメラネシア海盆に到達したことを示している。南太平洋におけるWOCEとGO-SHIPの高精度の歴史的データと合わせて見積った海底付近のCFC-11の移流速度は、約1　cm/sec （315km/年）であった。この結果と気象研究所のCMIP６／OMIP数値モデリングの結果は、良く対応している。今回得られた結果は、太平洋の熱塩循環の理解と、地球温暖化の将来予測のための地球システムモデルの検証や高度化に貢献する。

キーワード：気象庁東経165度線、メラネシア海盆、フロン類、底層水
Keywords: JMA 165°E section, Melanesian Basin, chlorofluorocarbons, bottom water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data

*細田 滋毅[1]
*Shigeki Hosoda[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Marine-Earth Science and Technology

About twenty years have been passed since when Argo programme started in 1999, over 3500 active Argo floats are working to measure temperature and salinity in the upper ocean, accumulating over 2 million profiles. As the situation enables us to construct gridded temperature and salinity data set in the global ocean to be easier, variable kinds of 3-dimensional gridded data set based on purely Argo and Argo plus other observational data are produced from many institutes to investigate global changes in climate and ocean environment.

JAMSTEC produces quasi-real time gridded objective mappings of Argo, MOAA GPV for temperature and salinity fields, and MILA GPV for mixed layer depth every month or 10 days. Those data set are widely used not only to directly analyze the data set but also to validate the state estimate based on data assimilation. The data and its error from MOAA GPV are effectively informed to evaluate representation of temperature and salinity fields, which makes it possible to improve the data assimilation to be more elaborated for accurate analyses of changes in climate and ocean environment. While MILA GPV is produced with characteristics of Argo profiling float which has finer vertical resolution with horizontally homogeneous distribution. That enables us to capture detailed distribution of surface layer mixed layer depth, rapidly progressing physical and biogeochemical researches related to mixed layer variability.

In the future, the objective mapping will be more accurate and useful if the Core Argo array is sustained to obtain long-term statistical characteristics of the upper ocean temperature and salinity. Further, it is expected that improved mapping of physical and biogeochemical parameters will be developed when huge amount of measurement of temperature and salinity in deeper ocean than 2000 m and biogeochemical parameters, with the Deep and BGC Argo arrays.

キーワード：アルゴ、全球海洋、格子化データ
Keywords: Argo, global ocean, gridded data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.

*Tong Wang[1], Toshio Suga[1,2], Shinya Kouketsu[2]

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

Under the background of climate changes, long-term trends and interannual to decadal variations of water masses have been discovered in recent studies. However, how they evolved in space and time is still not fully investigated, partly due to the insufficiency of observation. With spatially and temporally unbiased data available through Argo floats recently, this study describes three-dimensional evolutions of water mass anomalies during 2004-2015, focusing on three typical water masses in the upper North Pacific: North Pacific Subtropical Mode Water (STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), and North Pacific Central Mode Water (CMW).

In order to preserve the water mass characteristics as much as possible, the analysis in this study is mainly on neutral density surfaces, along which the advection and mixing of water masses dominantly occur. Because of the compensation between temperature and salinity on isopycnal surfaces, this study mainly investigates salinity as a proxy of spiciness. The main results are listed as follows:

In STMW:
The temporal variations of spiciness are dominated by interannual or longer variations. There is a long-term freshening trend at 0.005/year generally as well as strong decadal variations. The former is related to global warming; the latter are caused by the decadal variations of Kuroshio Extension path stability. These anomalies show rapid southwestward propagations in STMW, and the directions can be explained by geostrophic currents, but the propagation speed are 2-3 times higher than geostrophic currents, which indicates other processes involved. The origins of anomalies are most likely to be the STMW formation region. Another possible origin is found in the subtropics of the central North Pacific through statistical analysis, which needs further verification and explanation. Strikingly, the Eulerian temporal changes of spiciness are preserved well during the large distance propagation, implying the existence and persistence of large-scale spiciness fronts.

In ESTMW:
The temporal variability of ESTMW is higher than STMW and CMW, and interannual or longer variations are dominant. The long-term trend in northeastern ESTMW shows freshening, while the southwestern ESTMW is in salinification. There is an obvious 5-6-year oscillation cycle. The anomalies shift between positive and negative rapidly at the ESTMW formation region, spread to the whole ESTMW along its subduction path in each period, and propagate southwestward to the central subtropics and the western tropics by geostrophic flow.

In CMW:
Both spiciness and its total variations are smaller than the other two water masses, but the seasonal variations are higher, being comparable with interannual or longer variations in the northern CMW. With regard to trends, the northern CMW is in salinification, with the anomalies propagating eastward on both monthly scale and annual mean. However, the majority of CMW shows freshening almost uniformly, with weak but recognizable southward propagations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In conclusion, this study provides a comprehensive description of the evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific for the first time. The regional variations that have been found by limited observations are confirmed and complemented with three-dimensional presentations. The evolutions occurred in earlier years and documented by previous studies are updated by the present analysis. Furthermore, the new phenomena that should be investigated in future are also raised.

Keywords: Argo float data, Subtropical Mode Water, Eastern Subtropical Mode Water, Central Mode Water, Spiciness anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Impacts of temperature measurements from sea turtles on seasonal prediction around the Arafura Sea

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3]
*Takeshi Doi[1], Andrea Storto[2], Takuya Fukuoka[3], Hiroyuki Suganuma[4], Katsufumi Sato[3]

1. JAMSTEC、2. CMRE、3. 東京大学、4. ELNA
1. JAMSTEC, 2. CMRE, 3. The University of Tokyo, 4. ELNA

JAMSTECアプリケーションラボで運用しているSINTEX-F2-3DVAR季節予測システムの初期値作成スキームでは、ARGO、係留ブイ、船舶観測などから得られる海洋3次元の水温/塩分のプロファイルデータ(UK Met. EN4データ)を3DVARで同化している(Doi et al. 2017, JC)。海洋亜表層観測の持続的な展開の重要性は指摘されているものの、そのコストが高く、時空間的に必要充分な観測網の設計には多様な議論がされている。そのような状況下で、バイオロギング、すなわち海洋を3次元的に餌探索している魚類・ウミガメ類・海生哺乳類たちに小型の記録計を取り付けることで、海洋観測を行う手法が注目されている。バイオロギングとその利活用を向上させることを目指すCREST研究課題「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ機構」(研究代表者:佐藤克文)では、2017年6月に、インドネシアの西パプア州バードヘッド半島の海岸に産卵上陸するヒメウミガメ５頭に、人工衛星対応型電波発信器を搭載した。その後、ウミガメ5頭は島を迂回して南下し、アラフラ海に入り、そこで潜水を繰り返した。本研究では、ウミガメから送られてくる深度・水温プロファイルデータを季節予測モデル(SINTEX-F2-3DVAR)に初期値として取り込み、2017年8月以降の予測へのインパクトを調べた。

キーワード：季節予測、バイオロギング、アラフラ海
Keywords: Seasonal prediction, Biologging, Arafura Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5]
*Chiho Sukigara[1], Ryuichiro Inoue[2], Takeyoshi Nagai[1], Andrea J Fassbender[3], Yuichiro Takeshita[3], Stuart P Bishop[4], Eitarou Oka[5]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. モントレー湾水族館研究所、4. ノースカロライナ州立大学、5. 東京大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Monterey Bay Aquarium Research Institute, 4. North Carolina State University, 5. The University of Tokyo

In a subtropical region south of the Kuroshio Extension (KE) in the Western North Pacific, large ocean heat loss in the surface layer during winter makes a deep mixed layer. Then, a part of CO_2 dissolved from air to surface ocean is transformed to particulate organic matters via photosynthesis using nutrients which are supplied from deeper layer. Eventually particulate organic matters are transported to deeper layer. In this oligotrophic region, winter mixing is a critical process to supply nutrients to the euphotic zone, which supports high chlorophyll concentrations in early spring are clearly seen by satellite observations. Therefore, it is important to understand effects of nutrient transports by physical processes on biogeochemical material transport and cycle in this period. However, there are few physical and biogeochemical data during winter in this region because of the difficult circumstances in observation.

In this study, we deployed two biogeochemical Argo (BGC-Argo) floats in 33°15’ N, 142°30’ E on January 28th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-1 cruise and recovered them in 35°31’ N, 143°11’ E and 35°43’ N, 143°29’ E on April 20th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-4 cruise. During these two cruises, CTD observations and water samplings were conducted to validate sensors (temperature, salinity, oxygen, chlorophyll, nitrate, and backscatter) attached to floats. BGC-Argos observed 82 profiles from 2000 m depth to the surface every day.

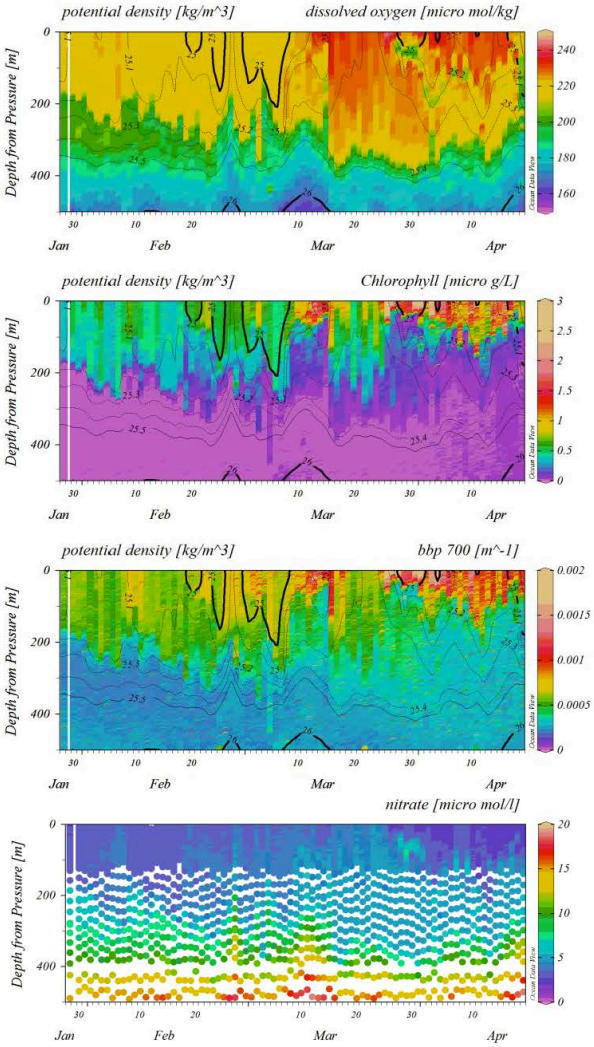
Those floats were kept staying around the deployment position for a month, then moved to southwestward in the middle of March, and were to northward near KE until the recovery. In the first half of the observation period, intermittent mixed layer deepening and subsequent restratification were repeated in the top 300 m depth. High chlorophyll concentrations and backscatter values were observed in the surface layer when upper layers were stratified. After March 17th, oxygen concentration increased, nitrate concentration decreased, and chlorophyll concentration and back scatter value were stable in the subsurface (100 to 300 m). After that, oxygen concentration, chlorophyll concentrations and back scatter values increased (nitrate decreased) coincided with stratification in the surface layer until April 2nd. In the subsurface layer, chlorophyll concentration and back scatter value decreased suddenly, which might mean that biogenic particulate organic matters transported by the deep mixing were quickly decomposed in the layer. Furthermore, a water with low oxygen and high nitrate intruded in the layer 50 to 100 m around March 30th. The origin of this water would be relative deeper layer because of low chlorophyll concentration and back scatter values.

The BGC-Argo observation in the south of KE for three months revealed that physical processes with various time scales in the surface layer from winter to spring affect the primary productivity of phytoplankton and the material distribution.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：BGCアルゴフロート、春季再成層化、生物応答、物質輸送
Keywords: BGC-Argo, Spring restratification, biological response, material transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-OS20] 全球海洋観測システムによる研究成果と観測システム最適化

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

Argo計画による全球海洋観測網構築が開始されて約20年が経過した。過去に類を見ない膨大なデータの集積と多数の研究成果により，Argoは海洋観測のBest practiceの一つとして知られている。近年，Argoは2000m深までの物理計測に加え，生物地球化学計測や4000m以深の深海観測へ拡張されつつある。それらデータの解析に基づき多数の科学的成果が得られ，観測システムの新たな活用法も見出されている。一方，Argo観測網を最適化・効率化し，より堅牢な国際的共通基盤とするために，Argo観測網をエンドースしてきたGODAE OceanViewを中心に，観測データのインパクト評価を行う等の努力が続けられている。来年開催されるOceanObs'19でもArgoの発展・拡張・継続，インパクト評価、観測網最適化の提案がなされる予定である。本セッションは，ArgoをはじめGOSHIP，OceanSITESなども含めた全球・海盆規模の観測システムによる研究成果と，次世代に向けた全球海洋観測システムの構築及び活用に関する現状・課題について広く議論することを目的とする。

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

*小林 大洋[1] (1.海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

*細田 滋毅[1] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

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

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

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

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

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

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

深海フロート用SBE41CPで生じる塩分バイアスについて

Fresh bias with pressure dependency at the measurements of SBE 41CP for deep float

*小林 大洋[1]
*Taiyo Kobayashi[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年、深海アルゴの構築に向けて、深海用フロートの展開が国際的に進められている。深海における水温や塩分などの変化は、表層と比べてずっと小さいため、深海用フロートに求められる観測精度は、これまでよりも高いものが要求される。海洋研究開発機構は、鶴見精機と共同で開発した深海用フロートDeep NINJAを2019年1月末現在までに28台投入した。このうち20台については、データ精度の検証のため投入に併せて観測船によるCTD観測を行っている。本研究では観測データの品質評価の可能な18台分について解析を行った。

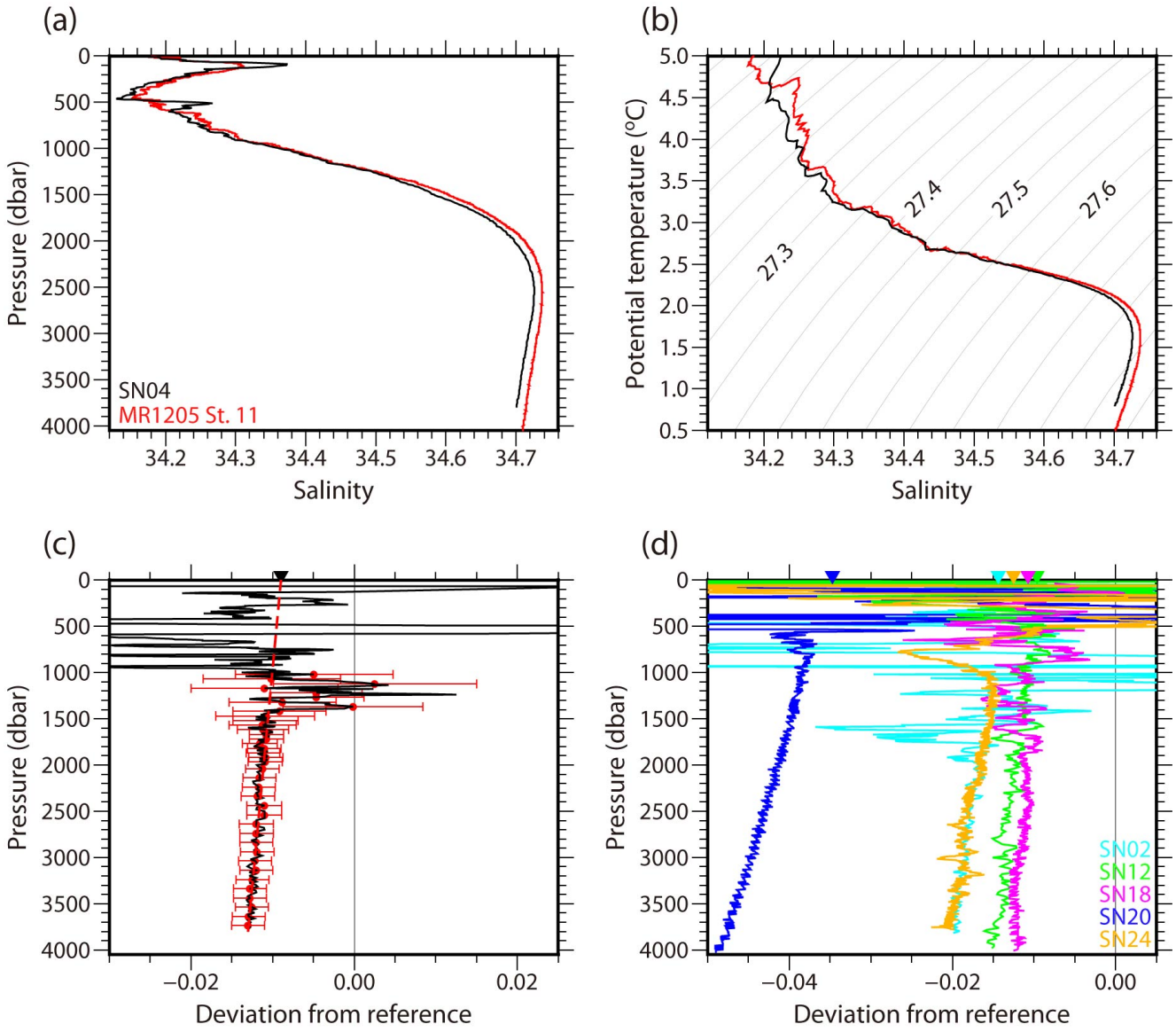
図１はSN4が観測した最初のプロファイルを観測船「みらい」のCTDデータと比較したものである。フロートの塩分観測値が船舶データよりも低いことは明らかだが、そのバイアスは圧力に比例して増加していくことが分かる。このような特徴は他のフロートにおいても認められる。

そこで塩分バイアスを$S = S_{offset} + a_p \, x \, p$ (p：圧力)と表すと、その結果は以下のようにまとめられる。検証可能な18台全てで2000m以深に負の塩分バイアスがあることを示しており、その値が-0.01を超えるものが14台と、大半を占める。圧力依存性の大きさを示すa_pは例外なく負であり、これにより塩分は1000 dbarあたり平均で-0.0015程度低下していく。また海面で予想される塩分バイアスS_{offset}もほとんどのフロートで負であり、メーカーによる公称精度（±0.01）を満たすものは2台に過ぎない。S_{offset}はセンサ検定時とほぼ同じ状況で得られていると考えられるから、この問題はかなり深刻である。また、a_pが小さいものほどS_{offset}も小さくなるという関係が得られている。このことはこの問題が同一の原因から生じていることを示唆する。

この圧力依存性を持つ低塩バイアスの原因として、Deep NINJAが搭載している深海フロート用SBE41CP CTDセンサの電気伝導度計測セルの圧力による変形の補正が不十分であることが疑われる。Sea-Bird社では、計測セルをホウ珪酸ガラスPyrex®製の一重セルと仮定し、その物理特性から予想される変形に基づいて補正係数を与えている。しかしながら実際の計測セルは、Pyrex®製セルをポリウレタンで覆う二重構造であるから、二重セルの内側セルとしてのPyrex®製セルの変形に基づいた補正係数でなければならない。そこで単純な円筒構造を持つ二重セルを仮定し、周囲から一様の圧力がかかる場合の変形を計算した。その結果、内側セルの変形は想定されているものよりも大きく、現在のSBE41CPの設定では、塩分観測値に負の圧力依存性($a_p < 0$)が発生することを定性的に説明することができる。またフロートが深海に沈降した際、高圧・低温下で圧縮されたポリウレタンが硬化することが考えられる。そのため、フロートが浮上しつつ水圧から解放されても、外側セルが内側セルに内部応力を通じて圧をかけるため内側セルの内径は縮み、全長は伸びる。これにより$S_{offset} < 0$となる。このような計測セルの変質はDeep NINJAの最初の(深海への)沈降の際に生じるため、メーカーにより精密に調整されているにも拘わらずほぼ全てのSBE41CP CTDセンサに低塩バイアスが生じたものと考えられる。

キーワード：深海アルゴ、塩分観測
Keywords: Deep Argo, salinity measurements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*川上 雄真[1,2]、北村 佳照[1]、中野 俊也[1,2]
*Yuma Kawakami[1,2], Yoshiteru Kitamura[1], Toshiya Nakano[1,2]

1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

Recently, long-term thermohaline changes in the surface and subsurface of the world ocean, such as the global warming and the intensification of salinity contrast between basins or regions, are continuously reported. Since changes of temperature and salinity greatly influence not only the density-driven geostrophic ocean circulation but also the marine ecosystem, sea levels and climates, monitoring of the ocean variations and understandings of those mechanisms are important.

Numerous scientific knowledges about thermohaline variations in the subsurface and intermediate layers of the North Pacific subtropical gyre including significant freshening in the thermocline/halocline and fluctuation in a decadal timescale were given by previous researches. However, many of them described in the western part of the subtropical gyre, and studies in its central part have been more limited partially due to the lack of data even though large scale atmospheric forcing generates great long-term thermohaline variations in there. Since thermohaline anomalies in the central North Pacific are mostly transported to the west by the Rossby waves or subsurface water masses flowing along the anticyclonic geostrophic circulation, examinations in the central subtropical gyre may be helpful for better understandings of thermohaline variations in the whole North Pacific.

In this study, we analyzed the repeat hydrography along the 165°E meridian maintained by Japan Meteorological Agency since 1996 to examine long-term thermohaline variations in the North Pacific subtropical gyre. As a result, in the subsurface of the southern part of the subtropical gyre corresponding to North Pacific Tropical Water (NPTW) characterized as the salinity maximum, a significant incresing salinity trend was detected. In this region, potential temperature and salinity also performed an inter-annual variation. On the other hand, in the greater part of the main thermocline/halocline, a significant decreasing trend was observed. In addition, potential temperature and salinity clearly fluctuated in a decadal timescale.

Causes of these variations were further investigated. Then we confirmed that variations in the subsruface around NPTW were originated in the surface mixed layer in the western part of its formation region to the east of the 165°E meridian by temporal changes of freshwater flux and eddy diffusion, and anomalies were transported by the westward geostrophic flow, as demonstrated by previous studies. We also found that thermohaline anomalies in the intermediate layers around the main thermocline/halocline derived from variations of winter mixed layer properties in the central North Pacific. A long-term variation of mixed layer temperature caused by changes of winter atmospheric forcing induced meridional migrations of isopycnal outcrops and thermohaline anomalies on there. Such anomalies were widely distributed to the subtropical gyre by mode waters such as North Pacific Subtropical Mode Water (STMW) in a few years.

キーワード：海洋観測定線、長期変化、十年規模変動
Keywords: Repeat hydrography, Long-term changes, Decadal variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋メラネシア海盆の底層水におけるフロン類の最初の検出
First detection of chlorofluorocarbons into bottom layer in the Melanesian Basin of the North Pacific

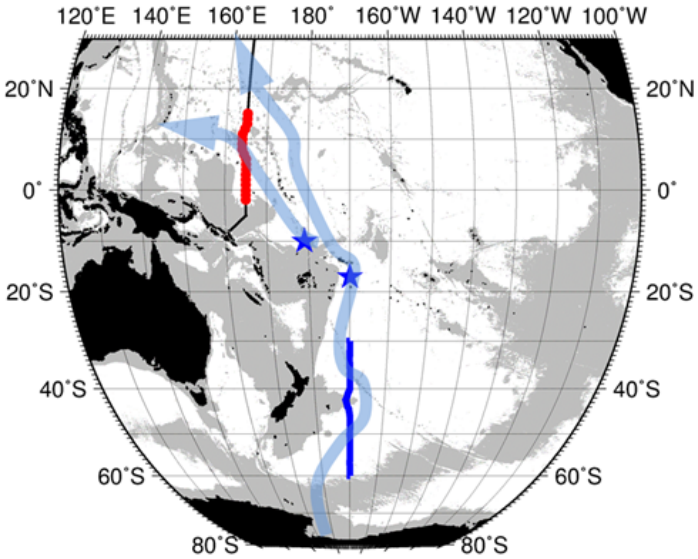
*中野 俊也[1]、延与 和敬[1]、笹野 大輔[1]、浦川 昇吾[2]、辻野 博之[2]、中野 英之[2]、石井 雅男[2]
*Toshiya NAKANO[1], Kazutaka ENYO[1], Daisuke SASANO[1], Shogo URAKAWA[2], Hiroyuki TSUJINO[2], Hideyuki NAKANO[2], Masao ISHII[2]

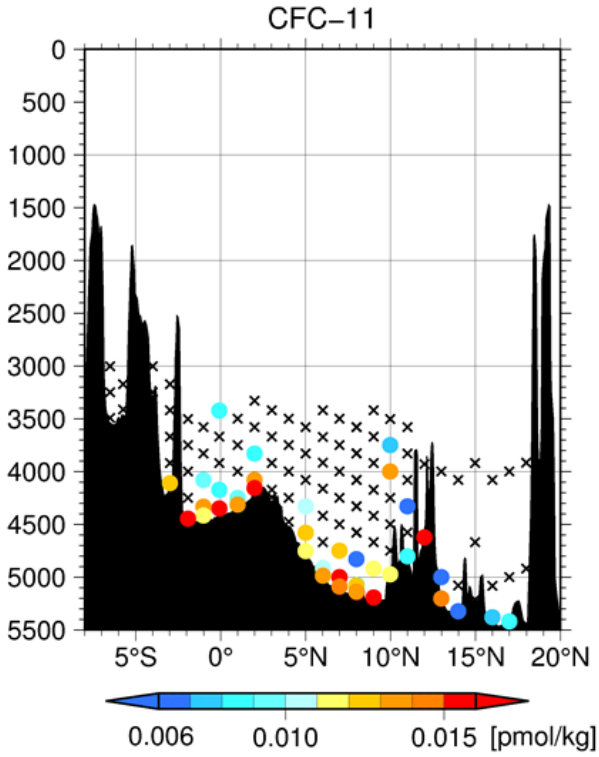
1. 気象庁、2. 気象研究所
1. Japan Meteorological Agency, 2. Meteorological Research Institute

フロン類は、人工的に合成され、もともと自然界には存在しなかった化学物質である。海水中のフロン濃度は、多くの水塊の形成率の評価や、形成域で沈み込んでからの経過時間の分布の解明に利用されてきた。また、底層のフロン類の観測は、底層水の移流・拡散経路の解明に有効である。気象庁は、2018年8月6日–9月27日に「凌風丸」で東経165度に沿ったWOCE（World Ocean Circulation Experiment）-P13測線のGO-SHIP（Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigation Program）再観測を行った。この観測においては、CFC-11、-12、-113の測定も行い、17°N–3°Sのメラネシア海盆内の底層付近において、検出下限（0.006±0.0011 pmol/kg）を超えるCFC-11の検出に初めて成功した。この結果は、南大洋で沈み込んだ下部周極底層水が、サモア水路を通り、赤道を越えて北太平洋のメラネシア海盆に到達したことを示している。南太平洋におけるWOCEとGO-SHIPの高精度の歴史的データと合わせて見積った海底付近のCFC-11の移流速度は、約1　cm/sec （315km/年）であった。この結果と気象研究所のCMIP６／OMIP数値モデリングの結果は、良く対応している。今回得られた結果は、太平洋の熱塩循環の理解と、地球温暖化の将来予測のための地球システムモデルの検証や高度化に貢献する。

キーワード：気象庁東経165度線、メラネシア海盆、フロン類、底層水
Keywords: JMA 165°E section, Melanesian Basin, chlorofluorocarbons, bottom water

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Global grid mapping of temperature and salinity based on Argo float data

*細田 滋毅[1]
*Shigeki Hosoda[1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Marine-Earth Science and Technology

About twenty years have been passed since when Argo programme started in 1999, over 3500 active Argo floats are working to measure temperature and salinity in the upper ocean, accumulating over 2 million profiles. As the situation enables us to construct gridded temperature and salinity data set in the global ocean to be easier, variable kinds of 3-dimensional gridded data set based on purely Argo and Argo plus other observational data are produced from many institutes to investigate global changes in climate and ocean environment.

JAMSTEC produces quasi-real time gridded objective mappings of Argo, MOAA GPV for temperature and salinity fields, and MILA GPV for mixed layer depth every month or 10 days. Those data set are widely used not only to directly analyze the data set but also to validate the state estimate based on data assimilation. The data and its error from MOAA GPV are effectively informed to evaluate representation of temperature and salinity fields, which makes it possible to improve the data assimilation to be more elaborated for accurate analyses of changes in climate and ocean environment. While MILA GPV is produced with characteristics of Argo profiling float which has finer vertical resolution with horizontally homogeneous distribution. That enables us to capture detailed distribution of surface layer mixed layer depth, rapidly progressing physical and biogeochemical researches related to mixed layer variability.

In the future, the objective mapping will be more accurate and useful if the Core Argo array is sustained to obtain long-term statistical characteristics of the upper ocean temperature and salinity. Further, it is expected that improved mapping of physical and biogeochemical parameters will be developed when huge amount of measurement of temperature and salinity in deeper ocean than 2000 m and biogeochemical parameters, with the Deep and BGC Argo arrays.

キーワード：アルゴ、全球海洋、格子化データ
Keywords: Argo, global ocean, gridded data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific based on Argo data, in STMW, ESTMW, and CMW.

*Tong Wang[1], Toshio Suga[1,2], Shinya Kouketsu[2]

1. Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Research and Development Center for Global Change, JAMSTEC

Under the background of climate changes, long-term trends and interannual to decadal variations of water masses have been discovered in recent studies. However, how they evolved in space and time is still not fully investigated, partly due to the insufficiency of observation. With spatially and temporally unbiased data available through Argo floats recently, this study describes three-dimensional evolutions of water mass anomalies during 2004-2015, focusing on three typical water masses in the upper North Pacific: North Pacific Subtropical Mode Water (STMW), Eastern Subtropical Mode Water (ESTMW), and North Pacific Central Mode Water (CMW).

In order to preserve the water mass characteristics as much as possible, the analysis in this study is mainly on neutral density surfaces, along which the advection and mixing of water masses dominantly occur. Because of the compensation between temperature and salinity on isopycnal surfaces, this study mainly investigates salinity as a proxy of spiciness. The main results are listed as follows:

In STMW:
The temporal variations of spiciness are dominated by interannual or longer variations. There is a long-term freshening trend at 0.005/year generally as well as strong decadal variations. The former is related to global warming; the latter are caused by the decadal variations of Kuroshio Extension path stability. These anomalies show rapid southwestward propagations in STMW, and the directions can be explained by geostrophic currents, but the propagation speed are 2-3 times higher than geostrophic currents, which indicates other processes involved. The origins of anomalies are most likely to be the STMW formation region. Another possible origin is found in the subtropics of the central North Pacific through statistical analysis, which needs further verification and explanation. Strikingly, the Eulerian temporal changes of spiciness are preserved well during the large distance propagation, implying the existence and persistence of large-scale spiciness fronts.

In ESTMW:
The temporal variability of ESTMW is higher than STMW and CMW, and interannual or longer variations are dominant. The long-term trend in northeastern ESTMW shows freshening, while the southwestern ESTMW is in salinification. There is an obvious 5-6-year oscillation cycle. The anomalies shift between positive and negative rapidly at the ESTMW formation region, spread to the whole ESTMW along its subduction path in each period, and propagate southwestward to the central subtropics and the western tropics by geostrophic flow.

In CMW:
Both spiciness and its total variations are smaller than the other two water masses, but the seasonal variations are higher, being comparable with interannual or longer variations in the northern CMW. With regard to trends, the northern CMW is in salinification, with the anomalies propagating eastward on both monthly scale and annual mean. However, the majority of CMW shows freshening almost uniformly, with weak but recognizable southward propagations.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In conclusion, this study provides a comprehensive description of the evolutions of water mass anomalies in the upper North Pacific for the first time. The regional variations that have been found by limited observations are confirmed and complemented with three-dimensional presentations. The evolutions occurred in earlier years and documented by previous studies are updated by the present analysis. Furthermore, the new phenomena that should be investigated in future are also raised.

Keywords: Argo float data, Subtropical Mode Water, Eastern Subtropical Mode Water, Central Mode Water, Spiciness anomaly

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Impacts of temperature measurements from sea turtles on seasonal prediction around the Arafura Sea

*土井 威志[1]、Andrea Storto[2]、Takuya Fukuoka[3]、Hiroyuki Suganuma[4]、Katsufumi Sato[3]
*Takeshi Doi[1], Andrea Storto[2], Takuya Fukuoka[3], Hiroyuki Suganuma[4], Katsufumi Sato[3]

1. JAMSTEC、2. CMRE、3. 東京大学、4. ELNA
1. JAMSTEC, 2. CMRE, 3. The University of Tokyo, 4. ELNA

JAMSTECアプリケーションラボで運用しているSINTEX-F2-3DVAR季節予測システムの初期値作成スキームでは、ARGO、係留ブイ、船舶観測などから得られる海洋3次元の水温/塩分のプロファイルデータ(UK Met. EN4データ)を3DVARで同化している(Doi et al. 2017, JC)。海洋亜表層観測の持続的な展開の重要性は指摘されているものの、そのコストが高く、時空間的に必要充分な観測網の設計には多様な議論がされている。そのような状況下で、バイオロギング、すなわち海洋を3次元的に餌探索している魚類・ウミガメ類・海生哺乳類たちに小型の記録計を取り付けることで、海洋観測を行う手法が注目されている。バイオロギングとその利活用を向上させることを目指すCREST研究課題「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ機構」(研究代表者:佐藤克文)では、2017年6月に、インドネシアの西パプア州バードヘッド半島の海岸に産卵上陸するヒメウミガメ５頭に、人工衛星対応型電波発信器を搭載した。その後、ウミガメ5頭は島を迂回して南下し、アラフラ海に入り、そこで潜水を繰り返した。本研究では、ウミガメから送られてくる深度・水温プロファイルデータを季節予測モデル(SINTEX-F2-3DVAR)に初期値として取り込み、2017年8月以降の予測へのインパクトを調べた。

キーワード：季節予測、バイオロギング、アラフラ海
Keywords: Seasonal prediction, Biologging, Arafura Sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Physical and biogeochemical processes from winter to spring in the south of the Kuroshio Extension

*鋤柄 千穂[1]、井上 龍一郎[2]、長井 健容[1]、Andrea Fassbender[3]、Yuichiro Takeshita[3]、Stuart Bishop[4]、岡 英太郎[5]
*Chiho Sukigara[1], Ryuichiro Inoue[2], Takeyoshi Nagai[1], Andrea J Fassbender[3], Yuichiro Takeshita[3], Stuart P Bishop[4], Eitarou Oka[5]

1. 東京海洋大学、2. 海洋研究開発機構、3. モントレー湾水族館研究所、4. ノースカロライナ州立大学、5. 東京大学
1. Tokyo University of Marine Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. Monterey Bay Aquarium Research Institute, 4. North Carolina State University, 5. The University of Tokyo

In a subtropical region south of the Kuroshio Extension (KE) in the Western North Pacific, large ocean heat loss in the surface layer during winter makes a deep mixed layer. Then, a part of CO_2 dissolved from air to surface ocean is transformed to particulate organic matters via photosynthesis using nutrients which are supplied from deeper layer. Eventually particulate organic matters are transported to deeper layer. In this oligotrophic region, winter mixing is a critical process to supply nutrients to the euphotic zone, which supports high chlorophyll concentrations in early spring are clearly seen by satellite observations. Therefore, it is important to understand effects of nutrient transports by physical processes on biogeochemical material transport and cycle in this period. However, there are few physical and biogeochemical data during winter in this region because of the difficult circumstances in observation.

In this study, we deployed two biogeochemical Argo (BGC-Argo) floats in 33°15’ N, 142°30’ E on January 28th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-1 cruise and recovered them in 35°31’ N, 143°11’ E and 35°43’ N, 143°29’ E on April 20th, 2018 during the Shinsei-maru KS-18-4 cruise. During these two cruises, CTD observations and water samplings were conducted to validate sensors (temperature, salinity, oxygen, chlorophyll, nitrate, and backscatter) attached to floats. BGC-Argos observed 82 profiles from 2000 m depth to the surface every day.

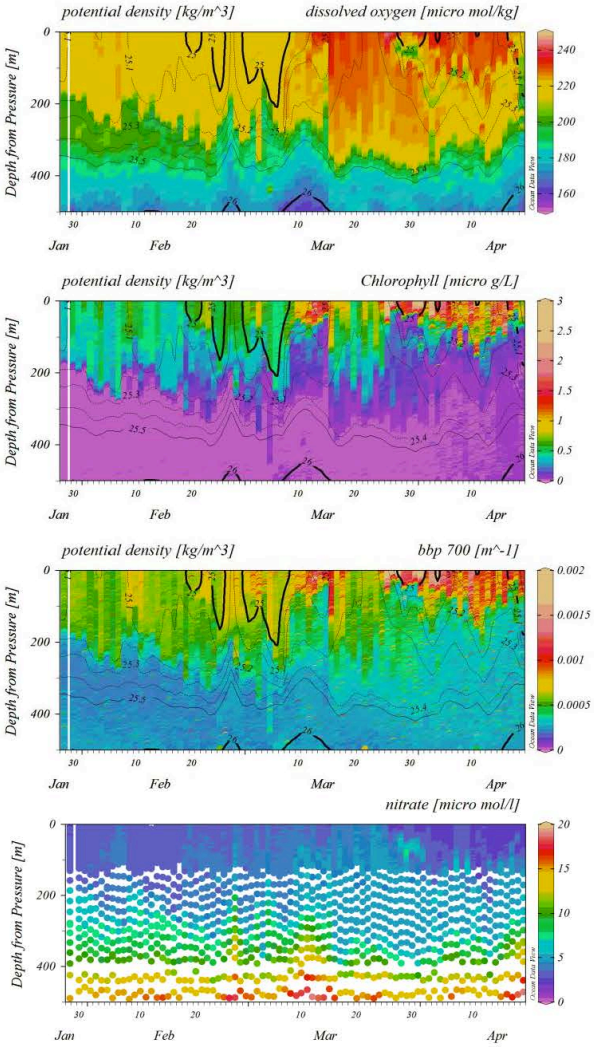
Those floats were kept staying around the deployment position for a month, then moved to southwestward in the middle of March, and were to northward near KE until the recovery. In the first half of the observation period, intermittent mixed layer deepening and subsequent restratification were repeated in the top 300 m depth. High chlorophyll concentrations and backscatter values were observed in the surface layer when upper layers were stratified. After March 17th, oxygen concentration increased, nitrate concentration decreased, and chlorophyll concentration and back scatter value were stable in the subsurface (100 to 300 m). After that, oxygen concentration, chlorophyll concentrations and back scatter values increased (nitrate decreased) coincided with stratification in the surface layer until April 2nd. In the subsurface layer, chlorophyll concentration and back scatter value decreased suddenly, which might mean that biogenic particulate organic matters transported by the deep mixing were quickly decomposed in the layer. Furthermore, a water with low oxygen and high nitrate intruded in the layer 50 to 100 m around March 30th. The origin of this water would be relative deeper layer because of low chlorophyll concentration and back scatter values.

The BGC-Argo observation in the south of KE for three months revealed that physical processes with various time scales in the surface layer from winter to spring affect the primary productivity of phytoplankton and the material distribution.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：BGCアルゴフロート、春季再成層化、生物応答、物質輸送
Keywords: BGC-Argo, Spring restratification, biological response, material transport

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析
Pollen analysis of ice cores drilled in the Pamir-Arai Mountains, central Asia

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6]

*Haruka Ogaya[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[4], Vladimir Aizen[5], Azamat Osmonov[6]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. アイダホ大学、6. 中央アジア地球物理研究所
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. University of Idaho, 6. Central Asian Institute of Applied Geo-Science

山岳氷河から掘削されたアイスコアには，氷河周辺の植生から氷河に飛来した花粉が比較的豊富に含まれている．花粉は特定の季節に氷河上へ飛来することや，その種構成は周辺植生や卓越風を反映することから，アイスコアの年層決定や周辺地域の植生のプロキシーとして利用されている．本研究では，2016年に中央アジア，パミールアライ山域の氷河で掘削されたアイスコアでの花粉分析の有効性を検討するため，浅層アイスコアと積雪ピットに含まれる花粉の分析を行った．酸素安定同位体を基に決定したアイスコアの年層と比較することによって，この氷河に飛来する各種の花粉の季節シグナルを明らかにすることを目的とした．

アイスコアは，氷河上の標高5300 mのSite1と標高5208 mのSite2の2ヵ所で掘削された．それぞれのサイトの深さ約７mのアイスコアおよびピットサンプルを分析した結果，酸素安定同位体は周期的な変動を示した．この変動を季節シグナルとし，同位体比の極小値を境界として年層決定を行った結果，Site1とSite2のアイスコアはそれぞれ約8年分と9年分の年層を含むことがわかった．顕微鏡分析の結果，アイスコア中には，ヒノキ科，ヨモギ属，アカザ科，マツ科，カバノキ科，マオウ属の合計6種類の花粉が含まれていることが明らかになった．花粉の平均濃度は，Site1とSite2ともにヒノキ科の花粉が最も高く（2.20，2.62 grains/ml(74,67%)，次にヨモギ属花粉（0.65, 1.06 grains/ml(22, 27%)），続いてアカザ科花粉，マツ科花粉であった.アイスコア中の花粉濃度の深度プロファイルには，複数のスパイク状のピークがみられた．ピークの現れる深度は種によって異なり，ヨモギ属とアカザ科は概ね同じ深度で現れ，その下部にヒノキ科のピークが現れることがわかった．ヨモギ属とアカザ科のピーク深度は，同位体比の極大値の深さと概ね一致したことから，これらの花粉は主に夏季から秋季にかけて供給され，その下層でみられたヒノキ科は春季から夏季にかけて供給されていることがわかった．ただし，年によってピークが現れない花粉種があることや，飛来花粉量が２つのサイトで必ずしも一致しなかった．これは，氷河表面の融解の影響や花粉飛来量の場所による違いのためと考えられる．以上の結果から，このアイスコアには分析に十分な花粉が含まれていること，また条件はあるが花粉を用いて年層決定や植生復元が可能であることがわかった．

キーワード：山岳氷河、アイスコア、花粉、パミールアライ山域、中央アジア
Keywords: Mountain glaciers, Ice core, Pollen, Pamir Arai Mountains, Central Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Variations in mineralogy of dust in the Greenland SIGMA-D ice core over the past 100 years using SEM

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1]
*Naoko Nagatsuka[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Akane Tsushima, Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Koji Fujita[4], Tetsuhide Yamasaki[5], Yukihiko Onuma[6], Masahiro Minowa[7], Teruo Aoki[8], Motohiro Hirabayashi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学低温科学研究所 、4. 名古屋大学大学院環境学研究科、5. アバンナット北極プロジェクト、6. 東京大学生産技術研究所 、7. アウストラル大学 、8. 岡山大学自然科学研究科
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 5. Avangnaq Arctic Project Corp., 6. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7. Universidad Austral de Chile, 8. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

極地に分布する氷河や氷床の上には，周囲の土壌や遠方の砂漠などを起源とする風送ダストが堆積し，毎年涵養域の雪の層の中に保存される．したがって，氷床上に保存されているダストをアイスコアとして取り出して分析すれば，過去に氷床上に堆積したダストの変動を明らかにでき，さらには氷床上へのダストの輸送経路や供給源となる場所の変動を明らかにできる可能性がある．しかしながら，氷床上ダストの分析はまだ限られており，特にダスト濃度が低い間氷期の変動については詳細がほとんど明らかになっていない．本研究では，微量でも分析が可能な走査型電子顕微鏡（SEM）およびエネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いてグリーンランド氷床で掘削されたアイスコア試料中の鉱物ダストの同定，形態観察および化学成分分析を行い，過去100年間の変動を明らかにすることを目的とした．また，得られた結果を過去の環境変動のデータと比較することで，ダストの起源の変化やその要因についても考察した．

観察を行ったのは，グリーンランド氷床北西部（SIGMA-D，N77˚38’, W59˚07’, 2100 m a.s.l，Matoba et al. 2015）において2014年5月に掘削された長さ222.72 mアイスコアに含まれる鉱物ダストである．本研究では，そのうち深さ0 –40.09 mの部分を用いて観察を行った．水素同位体比分析，トリチウム分析，および化学成分分析を用いて行われた年層決定の結果から，これらのサンプルは1910年から2014年までの約100年分に相当することがわかっている．また，これまでに行われたCFA（Continuous Flow Analysis）分析の結果から，SIGMA-Dアイスコアに含まれるダスト由来の化学成分は著しく低い濃度を示したが，その濃度は時間によって変動することが明らかになった．そこで，本研究では5年ごとに各層のサンプルをまとめ，1サンプルにつき150粒子を無作為に選んで観察し，その時間変化を明らかにすることとした．サンプルは凍結乾燥した後にメンブレンフィルター上に捕集し，白金蒸着したものを観察した．また，エネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いて，鉱物ダスト表面の化学組成を分析し，形態情報と合わせてその種類を同定した．サンプルの観察は，国立極地研究所の走査型電子顕微鏡(QUANTA FEG 450)を用いて行った．

観察の結果，アイスコアサンプルにはいずれも平均1-3μmの粒径を持つ鉱物ダストが含まれていた．これは先行研究でアジアの砂漠由来であることが報告されているグリーンランド内陸域のアイスコアダストの粒径に一致することから，SIGMA-Dコアにも主に長距離輸送されたダストが供給されていると考えられる．次にEDSを用いた表面化学成分分析の結果，アイスコア中には主にSiを主成分とするケイ酸塩鉱物，特に粘土鉱物が卓越していることがわかった．しかしその組成はサンプル間で異なり，たとえば化学風化（カオリナイト）と物理風化（雲母類，緑泥石）で形成された鉱物の組成が10-15年周期で逆センスの変動を示した．このことから，アイスコア中の鉱物は異なる地質由来の複数の起源から供給されており，起源となる場所が周期的に変化している可能性が示唆された．さらに，石英と長石は1920-1945年および1990-2013年のサンプルに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多く含まれていた．この2つの鉱物は粘土鉱物に比べて粒径が大きく，一般に近距離輸送の指標としても利用されている．過去の気温データとの比較の結果，1910-1945年および1990年以降はグリーンランドも含め全球で気温が高くなっていたことから，温暖な時期には氷床末端周辺の堆積物からも鉱物が供給されていた可能性があることがわかった．

キーワード：鉱物ダスト、アイスコア、グリーンランド、走査型電子顕微鏡
Keywords: mineral dust, ice core, Greenland , SEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状
Size and shape of solid particles in a Greenland ice core

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4]
*Wataru Shigeyama[1,2], Kumiko Goto-Azuma[2,1], Kaori Fukuda[2], Fumio Nakazawa[2,1], Morimasa Takata[3], Tomoyuki Homma[3], Nobuhiko Azuma[3], Dorthe Dahl-Jensen[4]

1. 総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2. 国立極地研究所、3. 長岡技術科学大学、4. コペンハーゲン大学
1. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), School of Multidisciplinary Sciences, Department of Polar Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. Nagaoka University of Technology, 4. University of Copenhagen

氷床コアに含まれる不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，その微粒子の起源地域，輸送経路，風速等の指標として過去の環境復元に用いられている．この不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，一般的に融解液中の粒子による光の散乱・遮蔽や融解液の電気伝導度の変化から調べることが多いが，微粒子の氷床コア試料内部における存在状態や形状に着目した研究は少ない．しかし，例えばBarnes et al. (2002)，Lambert et al. (2008)，Simonsen et al. (2018)は，固体微粒子が氷の中で凝集していることや形状が多様であることを報告している．より詳細な環境復元のためには，固体微粒子の濃度や粒径だけでなく，凝集の状態や形状を明らかにすることが重要である．

我々は，氷床コアに含まれる固体微粒子の氷の中での存在状態と形状を明らかにするため，クライオ走査型電子顕微鏡（SEM）によって固体微粒子を氷試料の中で直接分析した．NEEM（North Greenland Eemian Ice Drilling）計画で掘削されたグリーンランド氷床コアの124 m（完新世），1548 m（最終氷期）および2406 m（最終間氷期）に含まれる固体微粒子の観察から，多くの固体微粒子が氷の中で凝集しており，凝集体を形成する個々の粒子（個別粒子）は扁平であること（短軸／長軸比：0.4-0.8）が明らかになった．また，凝集体と個別粒子の粒径は対数正規分布に近い分布を示しており，凝集体は完新世・最終間氷期で最終氷期より大きい（中間値：完新世4.5 μm，最終間氷期5.9 μm，最終氷期2.2 μm）ことがわかった．本研究から得られた知見は，固体微粒子から過去の環境を正確かつ詳細に復元するために必要な情報である．

参考文献

Barnes, P.R.F. et al., 2002, Ann. Glaciol. 35. pp 559-566

Lambert, F. et al., 2008, Nature. 452. pp 616-619

Simonsen, M.F. et al., 2018, Clim. Past. 14. pp 601-608

キーワード：固体微粒子、粒径分布、粒子形状、凝集、クライオSEM、NEEMアイスコア
Keywords: solid particles, size distribution, particle shape, aggregate, cryo-SEM, NEEM ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析
Methane concentration measurements of the Dome Fuji ice core using Continuous Flow Analysis system

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2]
Ikumi Oyabu[1], Miho Arai[1,4,5], *Kenji Kawamura[1,2,3], Kyotaro Kitamura[1], Jun Ogata[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 山形大学、5. ウェザーニューズ
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Yamagata University, 5. Weathernews Inc.

At the National Institute of Polar Research (NIPR), Continuous Flow Analyses (CFA) system has been developed. In addition to the measurements of melt water (e.g. water isotopes, micro-particles and major ions), the enclosed air is extracted from the water stream and measured for methane (CH_4) concentration by a customized Cavity Ring-Down Spectrometer (CRDS) (Picarro G2301). The CFA system provides data at much higher resolution than classic discrete measurements, which can improve our knowledge and understanding of past climatic variations.

The CH_4 concentration measured by CFA is affected by several factors, impacting precision, accuracy and resolution. The factors include dissolution of CH_4 in meltwater and its imperfect extraction, sample mixing and smoothing in sample lines, and contamination by room air intrusion into the system at the interface between ice samples. The magnitudes of these effects have been investigated, and the data are corrected accordingly. Here, we report the results of various tests for assessing the performance of our CFA for CH_4 measurement. Furthermore, the results of the measurement campaigns of the Dome Fuji ice core, covering the 8.2-kyr cooling event and a part of the last deglaciation, will also be presented.

キーワード：連続融解分析、アイスコア、メタン、ドームふじ
Keywords: Continuous Flow Analysis, Ice core, CH4, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8]
*Shun Tsutaki[1], Takashi Obase[1], Shuji Fujita[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Kenji Kawamura[2,3,4], Kenichi Matsuoka[5], Hiroshi Ohno[6], Ikumi Oyabu[2,7], Fumio Nakazawa[2], Konosuke Sugiura[8]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構、5. ノルウェー極地研究所、6. 北見工業大学、7. 日本学術振興会、8. 富山大学
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Norwegian Polar Institute, 6. Kitami Institute of Technology, 7. Japan Society for the Promotion of Science, 8. University of Toyama

Drilling a deep ice core extending 1.5 million years (Ma) back in time is crucial to better understand the transition in the periodicity of the glacial cycles changed from 40 kilo year (ka) to the current 100 ka during the mid-Pleistocene transition (0.9–1.2 Ma). However, continuous ice core records more than 1 Ma have not been retrieved in the Antarctic ice sheet. Sufficient knowledge of the basal topography is crucial to modify numerical experiments that may provide a continuous record of past mechanisms of climate change. A ground-based radar survey was conducted over an area of 20000 km^2 with a line spacing of 5 km in the Dome Fuji area in the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017–2018 Antarctic summer). In this study, we analyze the JARE 59 radar data to construct an improved map of basal topography in the Dome Fuji region to progress the identification of a suitable drilling site at the region.

キーワード：南極氷床、基盤地形、レーダー
Keywords: Antarctic ice sheet, Basal topography, Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1]
*Fuyuki SAITO[1], Takashi Obase[2], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Generally the evolution of ice-sheet thickness, temperature and age in an ice-sheet model are formulated using the transport or advection equation. There are many variation of the formulation, which differ in numerical aspects such as stability, accuracy, numerical diffusivity, conservation and/or computational costs.
Rational Constrained Interpolation Profile scheme (RCIP, Xiao et al. 1996) is a variation of semi-Lagrangian scheme, which has properties in suppressing numerical oscillation and diffusion near large gradients.
In this study, RCIP scheme is implemented on 1d age computation of ice sheet, which is a typical numerical study of ice-core related topics. Comparison with the results of RCIP scheme and those of classical upwind scheme shows that the former keeps fine information (i.e., surface mass balance) recorded at the deposit.

キーワード：氷年代計算
Keywords: Ice core dating simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

During the last deglaciation, a major global warming was punctuated by abrupt climate changes related to Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). However, abrupt climate change associated with a rapid increase in the AMOC during Bølling-Allerød (BA) transition was reproduced only by applying a reduction in glacial meltwater, which is not inferred from reconstructions. Here we show that an abrupt increase in the AMOC during the BA transition can occur without reduction in glacial meltwater, from a transient simulation of the last deglaciation using an atmosphere-ocean general circulation model. The abrupt increase in the AMOC accompanied with drastic retreat of sea ice in the North Atlantic, abrupt warming in Greenland, cooling of the Southern Hemisphere, that are consistent with proxies and previous modeling studies. Model-data comparison at specific sites will be presented to evaluate simulated climate changes of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1]
*Rumi Ohgaito[1], Tomohiro Hajima[1], Akitomo Yamamoto[1], Hiroaki Tatebe[1], Michio Kawamiya[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, Univ. Tokyo

We are performing numerical experiments targeting distinctive time period of the past, Last Glacial Maximum (LGM, 21,000 years before present), using MIROC-ES2L. MIROC-ES2L is a newly developed earth system model (ESM) (Hajima et al. in prep.) including atmosphere, ocean, land, and ocean and land biogeochemical cycles in order to contribute Coupled Model Intercomparison Project phase 6 and Intergovernmental Panel on Climate Change 6th assessment report.
Testing climate models using paleoclimate experiments is an irreplaceable opportunity on evaluation of models to simulate climate change significantly different from the present day. In this presentation, we describe how we simulate the LGM experiment, compare with paleo-proxy data and discuss which component contributed for the realization of the LGM climate.
Following protocol of Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 4 (Kageyama et al. 2017), we are performing a LGM experiment. Because the LGM condition is significantly different from the present day, long spin-up is essential. Hence, before the model development is finalized, we started spin-up using the physical core (Atmosphere-Ocean coupled general circulation model) of MIROC-ES2L. Firstly, an experiment is branched from pre-industrial control (PI) experiment and the greenhouse gas levels are reduced to the LGM values. After integration for 2640 model years, land-sea mask and ice sheets, altitude, river path, orbit of the earth, salinity of ocean, and an erodibility map (concerning dust) of the LGM conditions are applied step by step and the total spin-up reached 6760 model years. Since MIROC-ES2L is ready during this procedure, the initial conditions at the 6760th model year of the spin-up experiment are used to initiate LGM experiment using MIROC-ES2L. In this conversion procedure, the initial conditions for land and ocean biogeochemical cycles were prepared respectively using offline modules to obtain quasi-stabilized states. Global mean temperature drawdown of the last 60 year climatology after 540 years integration with the ESM is -4.4 degree Celsius. Borehole thermometry suggested the cooling over the Eastern Antarctica at LGM was -7 to -10 degree Celsius (Stenni et al. 2010, Uemura et al. 2012). The modelled temperature anomaly is about -6.0 degree Celsius, which suggests weaker cooling compared to the ice core data. For the central Greenland, borehole thermometry suggested -21 to -25 degree Celsius (Cuffey et al. 1995, Johnsen et al. 1995, Dahl-Jensen et al. 1998), whereas the LGM experiment resulted -11.1 degree Celsius. This large discrepancy would be attributed to realization of ocean thermohaline state in the model experiment. The modelled peak value of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is 21.0 Sverdrup for LGM and 15.3 Sverdrup for PI. On the other hand, AMOC is thought to be weaker than the present day from paleo proxy data (Lynch-Stieglitz et al. 2007, Hesse et al. 2011). We continue the experiment and analyze which component contributes global cooling and the cooling over the polar regions.

キーワード：最終氷期最大期、CMIP6、地球システムモデル
Keywords: Last Glacial Maximum, CMIP6, earth system model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

On the possible bifurcation mechanisms and associated dynamical properties of Dansgaard-Oeschger oscillations

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takahito Mitsui[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

ダンスガード・オシュガー振動(以下，DO振動)は氷期における千年スケールの急激な気候変動である(Dansgaard et al. 1993; Johnsen et al. 1992)．取り分け氷期中期に頻度が高く，氷期初期や氷期最盛期では頻度が低い(McManus et al. 1999; Kawamura et al. 2017)．発見以来，DO振動に関する多くの研究がなされているが，その詳細なメカニズムは議論中である．最近，大気海洋結合モデルMIROC4m (Hasumi and Emori 2004)を用いた研究で，DO振動に似た千年規模振動がシミュレートされ，DO振動が大気海洋の相互作用による自励的振動である可能性を示唆された(Abe-Ouchi et al. in prep)．また，この自励的振動は氷床・地球軌道要素・温室効果ガスなどの背景気候条件がある範囲にある時に発生し易く，氷期中期にDO振動が顕著であるという観測とコンシステントである(Abe-Ouchi et al. in prep; Sam Sherriff-Tadano et al. 2017)．

外部パラメータの変化に対するダイナミカルシステムの振る舞いの変化の研究は分岐理論と呼ばれる．一般には無数に多くの個別的ダイナミカルシステムが考えられるにも関わらず，分岐現象の多くはいくつかのタイプに分類される(例えば, ストロガッツ, 非線形ダイナミクスとカオス, 2015)．分岐のタイプを特定することは，振動発生の動力学的メカニズムや振動周期・振幅などの特性の理解に手がかりを与える．例えば，ホモクリニック分岐と呼ばれる分岐の場合には，一般に，分岐点近傍で振動周期が無限大に発散する特性を持つ．一方，ホップ分岐と呼ばれる分岐の場合には，このような周期の発散は起こらず，周期は有限に留まる．過去の一部の研究[7, 9]では，このような振動周期の変化に基づいて，分岐メカニズムの推定が行われて来た．

本研究では，過去に提案されたDO振動のモデル[1-12]における分岐メカニズムについて調査した．また，MIROC AOGCMに類似したパラメータ依存性を持つWinton (1993)の3ボックスモデル[2]についてはオリジナルの分岐解析を行った．その結果，多くのモデルで，ホップ分岐[1,2,4,5,6,7,10,11]とホモクリニック分岐[1,2,3,5,6,7,8,9,11]のどちらか，または両方を介して振動が発生することが分かった．また，Welander (1982) [1]と拡張されたWintonのモデルでは，振動発生にホップ分岐とホモクリニック分岐を介する場合があるが，両者の分岐はあるパラメータ極限で一致することを述べる(cf. [11])．このことは分岐メカニズムがホップ分岐でも分岐点近傍で周期が伸び得ることを示している．つまり，しばしば行われる振動周期のパラメータ依存性に基づく分岐メカニズムの推定は極めて微妙な問題をはらんでいる．Winton (1993)のモデルでは，振動発生がホップ分岐介する場合でも，モデルはホモクリニック軌道に似た相空間構造を持っており，この構造を反映して分岐点近傍で振動周期が長くなる．MIROC AOGCMにおいても，ホップ分岐かホモクリニック分岐,（またはその両方）に関連して振動が発生していると予想される．非常に高い計算コストと潜在する自然変動のため，現時点でどちらの分岐かは決定できないが，分岐点近傍の軌道はホモクリニック軌道と似た特徴を持っており，周期が長い．

[1] Welander, Dyn. Atmos. Oceans (1982)
[2] Winton, Ice in the Climate System. NATO ASI Series (1993)
[3] Cessi, Journal of Physical Oceanography (1996)
[4] Sakai and Peltier, J. Climate (1999)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[5] Timmermann, Schulz, Gildor, and Tzipermann J. Climate (2003)
[6] Abshagen and Timmermann, Journal of Physical Oceanography (2004)
[7] Colin de Verdière, Ben Jelloul, and Sévellec, J. Climate (2006)
[8] Colin de Verdière, Journal of Physical Oceanography (2007)
[9] Sévellec, Huck, and Colin de Verdière, J. Mar. Res (2010)
[10] Roberts and Saha, Clim. Dyn. (2017)
[11] Leifeld, Euro. Jnl. of Applied Mathematics (2018)
[12] W. R. Peltier and G. Vettoretti, GRL (2014)

キーワード：ダンスガード・オシュガーサイクル、分岐、振動
Keywords: Dansgaard-Oeschger cycles, bifurcation, oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The role of climate-vegetation feedback in climate changes driven by orbital parameter changes: the Arctic land surfaces and seasonality

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1]
*Kanon Kino[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ryouta O'ishi[1], Fuyuki SAITO[2], Masakazu Yoshimori[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球の軌道要素の周期的変化による北半球高緯度の夏の日射量変化が、数千年から数万年スケールの氷床量変動の要因であるとするミランコビッチ理論は広く知られている。近年、気候モデルや氷床モデルを用いた様々な数値実験により、過去数十万年間の氷床量変動が再現され、周期変動をもたらす要因の理解が深まってきた(たとえば、Abe-Ouchi et al., 2007; 2013)。また、日射変化に対する地球全体としての応答が軌道要素によってどのように異なるか、大気上端における放射収支解析によって調べられるようになってきた(Mantsis et al., 2011; Erb et al., 2013)。本研究では、軌道要素の変化に対する地表面の気候がどのように決まるか、気候モデルMIROCを用いた多数の感度実験と放射収支解析によって調べた。特に、地軸の傾きと歳差・離心率それぞれが変化した場合について、ミランコビッチ理論でよく取り上げられる北半球高緯度夏の日射量変化が、北半球氷床融解にとって重要な北半球高緯度陸上の夏の気温をどのように関係するかに着目した解析を行った。

大気海洋混合層植生結合モデル (MIROC-LPJ: O’ishi and Abe-Ouchi, 2011) を用いて、過去の実際の時代で実現していた各軌道要素の最大値、最小値および現在値を組み合わせ、境界条件とした感度実験を行い、それぞれにおける日射量と気温の対応を調べた。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を行った。

結果として、北半球高緯度夏の日射量変化に対する北半球高緯度陸上の夏の気温変化は、歳差・離心率より地軸の傾きが変化したときの方が大きくなり得ること、その差をもたらす要因が植生分布、特にツンドラ-北方林境界の南北遷移に伴う気候フィードバックであることが明らかとなった。北半球高緯度において、近日点に夏至があると夏至の日射量が増加しても春秋の日射量減少する季節性になり、年間の正味の日射量変化が0になる。この季節性は特に春の融雪において不利であり、融雪の遅延とアルベド・フィードバックがかかりづらいことによって春の気温低下を招き、森林の成長を阻害した。一方、地軸の傾きが大きくなると夏半年間の日射量が増加する季節性によって年間の日射量が増加する。この季節性は春の融雪において有利であり、融雪の促進と強いアルベド・フィードバックによって温暖化をもたらし、森林の成長を促進した。これらのことから、歳差・離心率より地軸の傾きが変化する時の方が、ツンドラ-北方林境界を北へ遷移させ、アルベドが低下することでさらに融雪が促進される植生-雪-アルベドフィードバックの卓越をもたらすことがわかった。

キーワード：気候モデル、軌道要素、フィードバック
Keywords: GCM, orbital parameter, feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CC26] アイスコアと古環境モデリング

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

極地や山岳域で採取したアイスコアの解析は、数年から数十万年の時間スケールにおける地球環境変動の復元や、そのメカニズムに関する研究に貢献してきた。また、古環境データ解釈のために様々なモデルとの連携が不可欠となってきた。本セッションでは、アイスコア解析の成果や古環境モデリングを中心に発表・議論する。雪氷や堆積物への環境情報の記録プロセスや変質過程、新たな環境指標、古環境モデリングの技術的側面など、方法論に関する発表も歓迎する。地域や時間スケールが一致する海底コアや陸上堆積物コア、樹木年輪等を用いた研究とのつながりも重視し、古環境変動を多角的に議論する場としたい。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

中央アジア・パミールアライ山域で掘削されたアイスコアの花粉分析
Pollen analysis of ice cores drilled in the Pamir-Arai Mountains, central Asia

*鋸屋 遥香[1]、竹内 望[1]、藤田 耕史[2]、川村 賢二[3]、對馬 あかね[4]、Vladimir Aizen[5]、Azamat Osmonov[6]

*Haruka Ogaya[1], Nozomu Takeuchi[1], Koji Fujita[2], Kenji Kawamura[3], Akane Tsushima[4], Vladimir Aizen[5], Azamat Osmonov[6]

1. 千葉大学、2. 名古屋大学、3. 国立極地研究所、4. 総合地球環境学研究所、5. アイダホ大学、6. 中央アジア地球物理研究所
1. Chiba University, 2. Nagoya University, 3. National Institute of Polar Research, 4. Research Institute for Humanity and Nature, 5. University of Idaho, 6. Central Asian Institute of Applied Geo-Science

山岳氷河から掘削されたアイスコアには，氷河周辺の植生から氷河に飛来した花粉が比較的豊富に含まれている．花粉は特定の季節に氷河上へ飛来することや，その種構成は周辺植生や卓越風を反映することから，アイスコアの年層決定や周辺地域の植生のプロキシーとして利用されている．本研究では，2016年に中央アジア，パミールアライ山域の氷河で掘削されたアイスコアでの花粉分析の有効性を検討するため，浅層アイスコアと積雪ピットに含まれる花粉の分析を行った．酸素安定同位体を基に決定したアイスコアの年層と比較することによって，この氷河に飛来する各種の花粉の季節シグナルを明らかにすることを目的とした．

アイスコアは，氷河上の標高5300 mのSite1と標高5208 mのSite2の2ヵ所で掘削された．それぞれのサイトの深さ約７mのアイスコアおよびピットサンプルを分析した結果，酸素安定同位体は周期的な変動を示した．この変動を季節シグナルとし，同位体比の極小値を境界として年層決定を行った結果，Site1とSite2のアイスコアはそれぞれ約8年分と9年分の年層を含むことがわかった．顕微鏡分析の結果，アイスコア中には，ヒノキ科，ヨモギ属，アカザ科，マツ科，カバノキ科，マオウ属の合計6種類の花粉が含まれていることが明らかになった．花粉の平均濃度は，Site1とSite2ともにヒノキ科の花粉が最も高く（2.20，2.62 grains/ml(74,67%)，次にヨモギ属花粉（0.65, 1.06 grains/ml(22, 27%)），続いてアカザ科花粉，マツ科花粉であった.アイスコア中の花粉濃度の深度プロファイルには，複数のスパイク状のピークがみられた．ピークの現れる深度は種によって異なり，ヨモギ属とアカザ科は概ね同じ深度で現れ，その下部にヒノキ科のピークが現れることがわかった．ヨモギ属とアカザ科のピーク深度は，同位体比の極大値の深さと概ね一致したことから，これらの花粉は主に夏季から秋季にかけて供給され，その下層でみられたヒノキ科は春季から夏季にかけて供給されていることがわかった．ただし，年によってピークが現れない花粉種があることや，飛来花粉量が２つのサイトで必ずしも一致しなかった．これは，氷河表面の融解の影響や花粉飛来量の場所による違いのためと考えられる．以上の結果から，このアイスコアには分析に十分な花粉が含まれていること，また条件はあるが花粉を用いて年層決定や植生復元が可能であることがわかった．

キーワード：山岳氷河、アイスコア、花粉、パミールアライ山域、中央アジア
Keywords: Mountain glaciers, Ice core, Pollen, Pamir Arai Mountains, Central Asia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

Variations in mineralogy of dust in the Greenland SIGMA-D ice core over the past 100 years using SEM

*永塚 尚子[1]、東 久美子[1,2]、對馬 あかね、本山 秀明[1,2]、的場 澄人[3]、藤田 耕史[4]、山崎 哲秀[5]、大沼 友貴彦[6]、箕輪 昌紘[7]、青木 輝夫[8]、平林 幹啓[1]
*Naoko Nagatsuka[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2], Akane Tsushima, Hideaki Motoyama[1,2], Sumito Matoba[3], Koji Fujita[4], Tetsuhide Yamasaki[5], Yukihiko Onuma[6], Masahiro Minowa[7], Teruo Aoki[8], Motohiro Hirabayashi[1]

1. 国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 北海道大学低温科学研究所 、4. 名古屋大学大学院環境学研究科、5. アバンナット北極プロジェクト、6. 東京大学生産技術研究所 、7. アウストラル大学 、8. 岡山大学自然科学研究科
1. National Institute of Polar Research, 2. SOKENDAI, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 5. Avangnaq Arctic Project Corp., 6. Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7. Universidad Austral de Chile, 8. Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

極地に分布する氷河や氷床の上には，周囲の土壌や遠方の砂漠などを起源とする風送ダストが堆積し，毎年涵養域の雪の層の中に保存される．したがって，氷床上に保存されているダストをアイスコアとして取り出して分析すれば，過去に氷床上に堆積したダストの変動を明らかにでき，さらには氷床上へのダストの輸送経路や供給源となる場所の変動を明らかにできる可能性がある．しかしながら，氷床上ダストの分析はまだ限られており，特にダスト濃度が低い間氷期の変動については詳細がほとんど明らかになっていない．本研究では，微量でも分析が可能な走査型電子顕微鏡（SEM）およびエネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いてグリーンランド氷床で掘削されたアイスコア試料中の鉱物ダストの同定，形態観察および化学成分分析を行い，過去100年間の変動を明らかにすることを目的とした．また，得られた結果を過去の環境変動のデータと比較することで，ダストの起源の変化やその要因についても考察した．

観察を行ったのは，グリーンランド氷床北西部（SIGMA-D，N77˚38’, W59˚07’, 2100 m a.s.l，Matoba et al. 2015）において2014年5月に掘削された長さ222.72 mアイスコアに含まれる鉱物ダストである．本研究では，そのうち深さ0 –40.09 mの部分を用いて観察を行った．水素同位体比分析，トリチウム分析，および化学成分分析を用いて行われた年層決定の結果から，これらのサンプルは1910年から2014年までの約100年分に相当することがわかっている．また，これまでに行われたCFA（Continuous Flow Analysis）分析の結果から，SIGMA-Dアイスコアに含まれるダスト由来の化学成分は著しく低い濃度を示したが，その濃度は時間によって変動することが明らかになった．そこで，本研究では5年ごとに各層のサンプルをまとめ，1サンプルにつき150粒子を無作為に選んで観察し，その時間変化を明らかにすることとした．サンプルは凍結乾燥した後にメンブレンフィルター上に捕集し，白金蒸着したものを観察した．また，エネルギー分散型X線分析装置（EDS）を用いて，鉱物ダスト表面の化学組成を分析し，形態情報と合わせてその種類を同定した．サンプルの観察は，国立極地研究所の走査型電子顕微鏡(QUANTA FEG 450)を用いて行った．

観察の結果，アイスコアサンプルにはいずれも平均1-3μmの粒径を持つ鉱物ダストが含まれていた．これは先行研究でアジアの砂漠由来であることが報告されているグリーンランド内陸域のアイスコアダストの粒径に一致することから，SIGMA-Dコアにも主に長距離輸送されたダストが供給されていると考えられる．次にEDSを用いた表面化学成分分析の結果，アイスコア中には主にSiを主成分とするケイ酸塩鉱物，特に粘土鉱物が卓越していることがわかった．しかしその組成はサンプル間で異なり，たとえば化学風化（カオリナイト）と物理風化（雲母類，緑泥石）で形成された鉱物の組成が10-15年周期で逆センスの変動を示した．このことから，アイスコア中の鉱物は異なる地質由来の複数の起源から供給されており，起源となる場所が周期的に変化している可能性が示唆された．さらに，石英と長石は1920-1945年および1990-2013年のサンプルに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多く含まれていた．この2つの鉱物は粘土鉱物に比べて粒径が大きく，一般に近距離輸送の指標としても利用されている．過去の気温データとの比較の結果，1910-1945年および1990年以降はグリーンランドも含め全球で気温が高くなっていたことから，温暖な時期には氷床末端周辺の堆積物からも鉱物が供給されていた可能性があることがわかった．

キーワード：鉱物ダスト、アイスコア、グリーンランド、走査型電子顕微鏡
Keywords: mineral dust, ice core, Greenland , SEM

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

グリーンランド氷床コアにおける固体微粒子の粒径と形状
Size and shape of solid particles in a Greenland ice core

*繁山 航[1,2]、東 久美子[2,1]、福田 かおり[2]、中澤 文男[2,1]、高田 守昌[3]、本間 智之[3]、東 信彦[3]、Dahl-Jensen Dorthe[4]
*Wataru Shigeyama[1,2], Kumiko Goto-Azuma[2,1], Kaori Fukuda[2], Fumio Nakazawa[2,1], Morimasa Takata[3], Tomoyuki Homma[3], Nobuhiko Azuma[3], Dorthe Dahl-Jensen[4]

1. 総合研究大学院大学　複合科学研究科　極域科学専攻、2. 国立極地研究所、3. 長岡技術科学大学、4. コペンハーゲン大学
1. The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), School of Multidisciplinary Sciences, Department of Polar Science, 2. National Institute of Polar Research, 3. Nagaoka University of Technology, 4. University of Copenhagen

氷床コアに含まれる不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，その微粒子の起源地域，輸送経路，風速等の指標として過去の環境復元に用いられている．この不溶性固体微粒子の濃度・粒径は，一般的に融解液中の粒子による光の散乱・遮蔽や融解液の電気伝導度の変化から調べることが多いが，微粒子の氷床コア試料内部における存在状態や形状に着目した研究は少ない．しかし，例えばBarnes et al. (2002)，Lambert et al. (2008)，Simonsen et al. (2018)は，固体微粒子が氷の中で凝集していることや形状が多様であることを報告している．より詳細な環境復元のためには，固体微粒子の濃度や粒径だけでなく，凝集の状態や形状を明らかにすることが重要である．

我々は，氷床コアに含まれる固体微粒子の氷の中での存在状態と形状を明らかにするため，クライオ走査型電子顕微鏡（SEM）によって固体微粒子を氷試料の中で直接分析した．NEEM（North Greenland Eemian Ice Drilling）計画で掘削されたグリーンランド氷床コアの124 m（完新世），1548 m（最終氷期）および2406 m（最終間氷期）に含まれる固体微粒子の観察から，多くの固体微粒子が氷の中で凝集しており，凝集体を形成する個々の粒子（個別粒子）は扁平であること（短軸／長軸比：0.4-0.8）が明らかになった．また，凝集体と個別粒子の粒径は対数正規分布に近い分布を示しており，凝集体は完新世・最終間氷期で最終氷期より大きい（中間値：完新世4.5 μm，最終間氷期5.9 μm，最終氷期2.2 μm）ことがわかった．本研究から得られた知見は，固体微粒子から過去の環境を正確かつ詳細に復元するために必要な情報である．

参考文献

Barnes, P.R.F. et al., 2002, Ann. Glaciol. 35. pp 559-566

Lambert, F. et al., 2008, Nature. 452. pp 616-619

Simonsen, M.F. et al., 2018, Clim. Past. 14. pp 601-608

キーワード：固体微粒子、粒径分布、粒子形状、凝集、クライオSEM、NEEMアイスコア
Keywords: solid particles, size distribution, particle shape, aggregate, cryo-SEM, NEEM ice core

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

連続融解システムによるドームふじアイスコアのメタン濃度分析
Methane concentration measurements of the Dome Fuji ice core using Continuous Flow Analysis system

大藪 幾美[1]、荒井 美穂[1,4,5]、*川村 賢二[1,2,3]、北村 享太郎[1]、尾形 純[1]、東 久美子[1,2]
Ikumi Oyabu[1], Miho Arai[1,4,5], *Kenji Kawamura[1,2,3], Kyotaro Kitamura[1], Jun Ogata[1], Kumiko Goto-Azuma[1,2]

1. 情報・システム研究機構　国立極地研究所、2. 総合研究大学院大学、3. 海洋研究開発機構、4. 山形大学、5. ウェザーニューズ
1. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, 2. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 3. JAMSTEC, 4. Yamagata University, 5. Weathernews Inc.

At the National Institute of Polar Research (NIPR), Continuous Flow Analyses (CFA) system has been developed. In addition to the measurements of melt water (e.g. water isotopes, micro-particles and major ions), the enclosed air is extracted from the water stream and measured for methane (CH_4) concentration by a customized Cavity Ring-Down Spectrometer (CRDS) (Picarro G2301). The CFA system provides data at much higher resolution than classic discrete measurements, which can improve our knowledge and understanding of past climatic variations.

The CH_4 concentration measured by CFA is affected by several factors, impacting precision, accuracy and resolution. The factors include dissolution of CH_4 in meltwater and its imperfect extraction, sample mixing and smoothing in sample lines, and contamination by room air intrusion into the system at the interface between ice samples. The magnitudes of these effects have been investigated, and the data are corrected accordingly. Here, we report the results of various tests for assessing the performance of our CFA for CH_4 measurement. Furthermore, the results of the measurement campaigns of the Dome Fuji ice core, covering the 8.2-kyr cooling event and a part of the last deglaciation, will also be presented.

キーワード：連続融解分析、アイスコア、メタン、ドームふじ
Keywords: Continuous Flow Analysis, Ice core, CH4, Dome Fuji

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*津滝 俊[1]、小長谷 貴志[1]、藤田 秀二[2,3]、阿部 彩子[1,4]、川村 賢二[2,3,4]、松岡 健一[5]、大野 浩[6]、大藪 幾美[2,7]、中澤 文男[2]、杉浦 幸之助[8]
*Shun Tsutaki[1], Takashi Obase[1], Shuji Fujita[2,3], Ayako Abe-Ouchi[1,4], Kenji Kawamura[2,3,4], Kenichi Matsuoka[5], Hiroshi Ohno[6], Ikumi Oyabu[2,7], Fumio Nakazawa[2], Konosuke Sugiura[8]

1. 東京大学、2. 国立極地研究所、3. 総合研究大学院大学、4. 海洋研究開発機構、5. ノルウェー極地研究所、6. 北見工業大学、7. 日本学術振興会、8. 富山大学
1. The University of Tokyo, 2. National Institute of Polar Research, 3. The Graduate University for Advanced Studies, 4. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 5. Norwegian Polar Institute, 6. Kitami Institute of Technology, 7. Japan Society for the Promotion of Science, 8. University of Toyama

Drilling a deep ice core extending 1.5 million years (Ma) back in time is crucial to better understand the transition in the periodicity of the glacial cycles changed from 40 kilo year (ka) to the current 100 ka during the mid-Pleistocene transition (0.9–1.2 Ma). However, continuous ice core records more than 1 Ma have not been retrieved in the Antarctic ice sheet. Sufficient knowledge of the basal topography is crucial to modify numerical experiments that may provide a continuous record of past mechanisms of climate change. A ground-based radar survey was conducted over an area of 20000 km^2 with a line spacing of 5 km in the Dome Fuji area in the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE 59, 2017–2018 Antarctic summer). In this study, we analyze the JARE 59 radar data to construct an improved map of basal topography in the Dome Fuji region to progress the identification of a suitable drilling site at the region.

キーワード：南極氷床、基盤地形、レーダー
Keywords: Antarctic ice sheet, Basal topography, Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Performance of RCIP scheme on 1-d age computation of ice sheet.

*齋藤 冬樹[1]、小長谷 貴志[2]、阿部 彩子[2,1]
*Fuyuki SAITO[1], Takashi Obase[2], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Generally the evolution of ice-sheet thickness, temperature and age in an ice-sheet model are formulated using the transport or advection equation. There are many variation of the formulation, which differ in numerical aspects such as stability, accuracy, numerical diffusivity, conservation and/or computational costs.
Rational Constrained Interpolation Profile scheme (RCIP, Xiao et al. 1996) is a variation of semi-Lagrangian scheme, which has properties in suppressing numerical oscillation and diffusion near large gradients.
In this study, RCIP scheme is implemented on 1d age computation of ice sheet, which is a typical numerical study of ice-core related topics. Comparison with the results of RCIP scheme and those of classical upwind scheme shows that the former keeps fine information (i.e., surface mass balance) recorded at the deposit.

キーワード：氷年代計算
Keywords: Ice core dating simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Climate changes of the last deglaciation simulated by MIROC AOGCM

*小長谷 貴志[1]、阿部 彩子[1,2]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takashi Obase[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

During the last deglaciation, a major global warming was punctuated by abrupt climate changes related to Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). However, abrupt climate change associated with a rapid increase in the AMOC during Bølling-Allerød (BA) transition was reproduced only by applying a reduction in glacial meltwater, which is not inferred from reconstructions. Here we show that an abrupt increase in the AMOC during the BA transition can occur without reduction in glacial meltwater, from a transient simulation of the last deglaciation using an atmosphere-ocean general circulation model. The abrupt increase in the AMOC accompanied with drastic retreat of sea ice in the North Atlantic, abrupt warming in Greenland, cooling of the Southern Hemisphere, that are consistent with proxies and previous modeling studies. Model-data comparison at specific sites will be presented to evaluate simulated climate changes of the last deglaciation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

*大垣内 るみ[1]、羽島 知洋[1]、山本 彬友[1]、建部 洋晶[1]、河宮 未知生[1]、阿部 彩子[2,1]
*Rumi Ohgaito[1], Tomohiro Hajima[1], Akitomo Yamamoto[1], Hiroaki Tatebe[1], Michio Kawamiya[1], Ayako Abe-Ouchi[2,1]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. AORI, Univ. Tokyo

We are performing numerical experiments targeting distinctive time period of the past, Last Glacial Maximum (LGM, 21,000 years before present), using MIROC-ES2L. MIROC-ES2L is a newly developed earth system model (ESM) (Hajima et al. in prep.) including atmosphere, ocean, land, and ocean and land biogeochemical cycles in order to contribute Coupled Model Intercomparison Project phase 6 and Intergovernmental Panel on Climate Change 6th assessment report.
Testing climate models using paleoclimate experiments is an irreplaceable opportunity on evaluation of models to simulate climate change significantly different from the present day. In this presentation, we describe how we simulate the LGM experiment, compare with paleo-proxy data and discuss which component contributed for the realization of the LGM climate.
Following protocol of Paleoclimate Modelling Intercomparison Project phase 4 (Kageyama et al. 2017), we are performing a LGM experiment. Because the LGM condition is significantly different from the present day, long spin-up is essential. Hence, before the model development is finalized, we started spin-up using the physical core (Atmosphere-Ocean coupled general circulation model) of MIROC-ES2L. Firstly, an experiment is branched from pre-industrial control (PI) experiment and the greenhouse gas levels are reduced to the LGM values. After integration for 2640 model years, land-sea mask and ice sheets, altitude, river path, orbit of the earth, salinity of ocean, and an erodibility map (concerning dust) of the LGM conditions are applied step by step and the total spin-up reached 6760 model years. Since MIROC-ES2L is ready during this procedure, the initial conditions at the 6760th model year of the spin-up experiment are used to initiate LGM experiment using MIROC-ES2L. In this conversion procedure, the initial conditions for land and ocean biogeochemical cycles were prepared respectively using offline modules to obtain quasi-stabilized states. Global mean temperature drawdown of the last 60 year climatology after 540 years integration with the ESM is -4.4 degree Celsius. Borehole thermometry suggested the cooling over the Eastern Antarctica at LGM was -7 to -10 degree Celsius (Stenni et al. 2010, Uemura et al. 2012). The modelled temperature anomaly is about -6.0 degree Celsius, which suggests weaker cooling compared to the ice core data. For the central Greenland, borehole thermometry suggested -21 to -25 degree Celsius (Cuffey et al. 1995, Johnsen et al. 1995, Dahl-Jensen et al. 1998), whereas the LGM experiment resulted -11.1 degree Celsius. This large discrepancy would be attributed to realization of ocean thermohaline state in the model experiment. The modelled peak value of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC) is 21.0 Sverdrup for LGM and 15.3 Sverdrup for PI. On the other hand, AMOC is thought to be weaker than the present day from paleo proxy data (Lynch-Stieglitz et al. 2007, Hesse et al. 2011). We continue the experiment and analyze which component contributes global cooling and the cooling over the polar regions.

キーワード：最終氷期最大期、CMIP6、地球システムモデル
Keywords: Last Glacial Maximum, CMIP6, earth system model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

On the possible bifurcation mechanisms and associated dynamical properties of Dansgaard-Oeschger oscillations

*三ツ井 孝仁[1]、阿部 彩子[1]、陳 永利[1]、シェリフ多田野 サム[1]
*Takahito Mitsui[1], Ayako Abe-Ouchi[1], Wing-Le Chan[1], Sam Sherriff-Tadano[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

ダンスガード・オシュガー振動(以下，DO振動)は氷期における千年スケールの急激な気候変動である(Dansgaard et al. 1993; Johnsen et al. 1992)．取り分け氷期中期に頻度が高く，氷期初期や氷期最盛期では頻度が低い(McManus et al. 1999; Kawamura et al. 2017)．発見以来，DO振動に関する多くの研究がなされているが，その詳細なメカニズムは議論中である．最近，大気海洋結合モデルMIROC4m (Hasumi and Emori 2004)を用いた研究で，DO振動に似た千年規模振動がシミュレートされ，DO振動が大気海洋の相互作用による自励的振動である可能性を示唆された(Abe-Ouchi et al. in prep)．また，この自励的振動は氷床・地球軌道要素・温室効果ガスなどの背景気候条件がある範囲にある時に発生し易く，氷期中期にDO振動が顕著であるという観測とコンシステントである(Abe-Ouchi et al. in prep; Sam Sherriff-Tadano et al. 2017)．

外部パラメータの変化に対するダイナミカルシステムの振る舞いの変化の研究は分岐理論と呼ばれる．一般には無数に多くの個別的ダイナミカルシステムが考えられるにも関わらず，分岐現象の多くはいくつかのタイプに分類される(例えば, ストロガッツ, 非線形ダイナミクスとカオス, 2015)．分岐のタイプを特定することは，振動発生の動力学的メカニズムや振動周期・振幅などの特性の理解に手がかりを与える．例えば，ホモクリニック分岐と呼ばれる分岐の場合には，一般に，分岐点近傍で振動周期が無限大に発散する特性を持つ．一方，ホップ分岐と呼ばれる分岐の場合には，このような周期の発散は起こらず，周期は有限に留まる．過去の一部の研究[7, 9]では，このような振動周期の変化に基づいて，分岐メカニズムの推定が行われて来た．

本研究では，過去に提案されたDO振動のモデル[1-12]における分岐メカニズムについて調査した．また，MIROC AOGCMに類似したパラメータ依存性を持つWinton (1993)の3ボックスモデル[2]についてはオリジナルの分岐解析を行った．その結果，多くのモデルで，ホップ分岐[1,2,4,5,6,7,10,11]とホモクリニック分岐[1,2,3,5,6,7,8,9,11]のどちらか，または両方を介して振動が発生することが分かった．また，Welander (1982) [1]と拡張されたWintonのモデルでは，振動発生にホップ分岐とホモクリニック分岐を介する場合があるが，両者の分岐はあるパラメータ極限で一致することを述べる(cf. [11])．このことは分岐メカニズムがホップ分岐でも分岐点近傍で周期が伸び得ることを示している．つまり，しばしば行われる振動周期のパラメータ依存性に基づく分岐メカニズムの推定は極めて微妙な問題をはらんでいる．Winton (1993)のモデルでは，振動発生がホップ分岐介する場合でも，モデルはホモクリニック軌道に似た相空間構造を持っており，この構造を反映して分岐点近傍で振動周期が長くなる．MIROC AOGCMにおいても，ホップ分岐かホモクリニック分岐,（またはその両方）に関連して振動が発生していると予想される．非常に高い計算コストと潜在する自然変動のため，現時点でどちらの分岐かは決定できないが，分岐点近傍の軌道はホモクリニック軌道と似た特徴を持っており，周期が長い．

[1] Welander, Dyn. Atmos. Oceans (1982)
[2] Winton, Ice in the Climate System. NATO ASI Series (1993)
[3] Cessi, Journal of Physical Oceanography (1996)
[4] Sakai and Peltier, J. Climate (1999)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[5] Timmermann, Schulz, Gildor, and Tzipermann J. Climate (2003)
[6] Abshagen and Timmermann, Journal of Physical Oceanography (2004)
[7] Colin de Verdière, Ben Jelloul, and Sévellec, J. Climate (2006)
[8] Colin de Verdière, Journal of Physical Oceanography (2007)
[9] Sévellec, Huck, and Colin de Verdière, J. Mar. Res (2010)
[10] Roberts and Saha, Clim. Dyn. (2017)
[11] Leifeld, Euro. Jnl. of Applied Mathematics (2018)
[12] W. R. Peltier and G. Vettoretti, GRL (2014)

キーワード：ダンスガード・オシュガーサイクル、分岐、振動
Keywords: Dansgaard-Oeschger cycles, bifurcation, oscillation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

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

The role of climate-vegetation feedback in climate changes driven by orbital parameter changes: the Arctic land surfaces and seasonality

*木野 佳音[1]、阿部 彩子[1,2]、大石 龍太[1]、齋藤 冬樹[2]、吉森 正和[1]
*Kanon Kino[1], Ayako Abe-Ouchi[1,2], Ryouta O'ishi[1], Fuyuki SAITO[2], Masakazu Yoshimori[1]

1. 東京大学大気海洋研究所、2. 海洋研究開発機構
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

地球の軌道要素の周期的変化による北半球高緯度の夏の日射量変化が、数千年から数万年スケールの氷床量変動の要因であるとするミランコビッチ理論は広く知られている。近年、気候モデルや氷床モデルを用いた様々な数値実験により、過去数十万年間の氷床量変動が再現され、周期変動をもたらす要因の理解が深まってきた(たとえば、Abe-Ouchi et al., 2007; 2013)。また、日射変化に対する地球全体としての応答が軌道要素によってどのように異なるか、大気上端における放射収支解析によって調べられるようになってきた(Mantsis et al., 2011; Erb et al., 2013)。本研究では、軌道要素の変化に対する地表面の気候がどのように決まるか、気候モデルMIROCを用いた多数の感度実験と放射収支解析によって調べた。特に、地軸の傾きと歳差・離心率それぞれが変化した場合について、ミランコビッチ理論でよく取り上げられる北半球高緯度夏の日射量変化が、北半球氷床融解にとって重要な北半球高緯度陸上の夏の気温をどのように関係するかに着目した解析を行った。

大気海洋混合層植生結合モデル (MIROC-LPJ: O’ishi and Abe-Ouchi, 2011) を用いて、過去の実際の時代で実現していた各軌道要素の最大値、最小値および現在値を組み合わせ、境界条件とした感度実験を行い、それぞれにおける日射量と気温の対応を調べた。さらに、地表面での放射収支解析 (Lu and Cai, 2009) を行った。

結果として、北半球高緯度夏の日射量変化に対する北半球高緯度陸上の夏の気温変化は、歳差・離心率より地軸の傾きが変化したときの方が大きくなり得ること、その差をもたらす要因が植生分布、特にツンドラ-北方林境界の南北遷移に伴う気候フィードバックであることが明らかとなった。北半球高緯度において、近日点に夏至があると夏至の日射量が増加しても春秋の日射量減少する季節性になり、年間の正味の日射量変化が0になる。この季節性は特に春の融雪において不利であり、融雪の遅延とアルベド・フィードバックがかかりづらいことによって春の気温低下を招き、森林の成長を阻害した。一方、地軸の傾きが大きくなると夏半年間の日射量が増加する季節性によって年間の日射量が増加する。この季節性は春の融雪において有利であり、融雪の促進と強いアルベド・フィードバックによって温暖化をもたらし、森林の成長を促進した。これらのことから、歳差・離心率より地軸の傾きが変化する時の方が、ツンドラ-北方林境界を北へ遷移させ、アルベドが低下することでさらに融雪が促進される植生-雪-アルベドフィードバックの卓越をもたらすことがわかった。

キーワード：気候モデル、軌道要素、フィードバック
Keywords: GCM, orbital parameter, feedback

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析

Analysis of soil erosion on cropland considering future climate change in Okinawa

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1]
*Gen Machida[1], Kazutoshi Osawa[1], Hiroyuki Matsui[1]

1. 宇都宮大学
1. Utsunomiya University

沖縄県では土壌侵食(水食)による過度の赤土流出が問題となっており，農地における侵食量の予測手法の確立が求められている．既往研究では，プロセスベースモデルであるWEPP(Water Erosion Prediction Project)を用いた解析が試みられている．しかし，長期的な土壌侵食抑制対策の計画に必要となる，将来的な気候変動を考慮した土壌侵食リスクの評価手法に関しては，未だ検討されていない．そこで本研究では，気象シミュレーターMarkSimを用い，沖縄県名護市における将来的な気候変動を考慮した気象データの作成と，その適用を行った．

作成した気象データからは，地球温暖化による気温の上昇に伴い，降雨期の降水量の増加傾向がみられた．しかし，裸地条件下及びサトウキビ営農条件下のWEPP解析において，気候変動による侵食リスクの増大は確認できなかった．これは，気温や日射量の増大に伴い，雨水の浸入量が増加した為である．このことから，将来的な気候変動による降水量の増加は，必ずしも侵食量の増加に繋がらない可能性が示唆された．

キーワード：WEPPモデル、MarkSim、地球温暖化、赤土流出
Keywords: WEPP Model, MarkSim, Global warming, Red soil runoff

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果
Linear Macro pore Installation to Reduce Surface Flow

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3]
*Masaki Kiyohiro[1], Yasushi Mori[1], Kazutoshi Osawa[2], Akira Hosihkawa[3]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2. 宇都宮大学　農学部、3. 石西礁湖サンゴ礁基金
1. Okayama University Graduate school of Environmental and Life Science, 2. Utsunomiya University Faculty of Agriculture, 3. Fund of Coral reef in Sekisei Lagoon

線状型マクロポア導入による国頭マージの表面流出の抑制

沖縄県石垣島では土壌流亡が問題となっている。土壌流亡は営農に影響を与えるだけでなく，珊瑚などの海産資源にも悪影響を与える。原因として、透水性の低い層であるクラストの発生が挙げられる。クラストは強雨時の雨滴の圧密，土壌間隙の目詰まりにより生じる。対策として鉛直方向に穴をあけ，繊維状物質を挿入する人工マクロポアが提案され，流亡対策と成り得るデータが示されていたが，設置の労力が課題だった。これを踏まえ提案されたのが線状型マクロポアである。線状型マクロポアは従来の穴の代わりに深さ30cm程度の溝を引き，サトウキビ残渣を鋤き込む。溝を引く作業は農業機械で行うことができ，サトウキビ残渣は現地で入手できるため，より実施しやすい人工マクロポアであると考えられる。本研究では，線状型マクロポアの下方浸透促進による表面流出・土壌流亡の抑制の検証を目的とし，ライシメータを用いた室内降雨実験を行った。

供試土として沖縄県石垣島のサトウキビ圃場から採取した土壌を風乾させ，2㎜篩を通過したものを使用した。これを体積含水率0.10m³m³，乾燥密度1.20gcm³に調整し，高さ・幅24cm，奥行き36cmのライシメータに充填し、側面から土壌水分・温度・ECセンサー(5TE,Meter)を挿入した。ライシメータは現場と同じ傾斜3%で設置し，25℃の恒温室で降雨実験を行った。20㎜h¹の降雨を4時間降らせ，降雨終了24時間後に同様の条件で再度降雨を行った。処理区として耕起区，植物残渣を表層に残す不耕起区，線状型マクロポア区、対象区として中空溝切のみの溝切区を用意し，表面流出，下方排水，土壌水分、流出土砂量を測定した。

実験の結果、表面流出量は耕起区で最も多く、次に不耕起区で多かった。線状型マクロポア区では表面流出は発生しなかった。溝切区では溝構造の崩壊が起こり、表面流出を採取することはできなかった。このことから、線状型マクロポアが表面流出を抑制したと考えられる。圃場では溝切区で最も流出量が多く，室内実験においても溝が崩壊したが，表面流出自体は確認することが出来た。

流出土砂量は室内実験では耕起区で最も多くかった。不耕起区でも流出が確認できたが、耕起区と比較して少なかった。このことから不耕起処理では表面流出は発生するが土砂流出は抑制されると考えられる。線状型マクロポア区では流出はなく、溝切区では流出は計測できなかった。対して圃場では溝切区で最も多く、次いで耕起，線状型マクロポア，不耕起区の順であった。このため室内実験でも溝切区で多くの土砂が移動していたと考えられる。また、線状型マクロポア区と不耕起区の現場と室内実験の結果の違いは土壌に対するマクロポアの面積の比が影響していると考えられる。

本研究では室内実験で圃場に近い条件の線状型マクロポアを再現し、土砂流出抑制効果を検証した。その結果、線状型マクロポアが下方浸透を促進し表面流出を削減，土砂流出を抑制することが示唆され，圃場実験と同様の傾向を得ることができた。また、圃場調査では溝切区において目詰まりが発生することにより表面流出，土砂流出が増加すると推定されていたが、今回の結果から降雨の早い段階で構造そのものが崩壊している可能性が示された。

キーワード：土壌流亡、マクロポア、表面流出
Keywords: Soil erosion, Macro pore, Surface flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

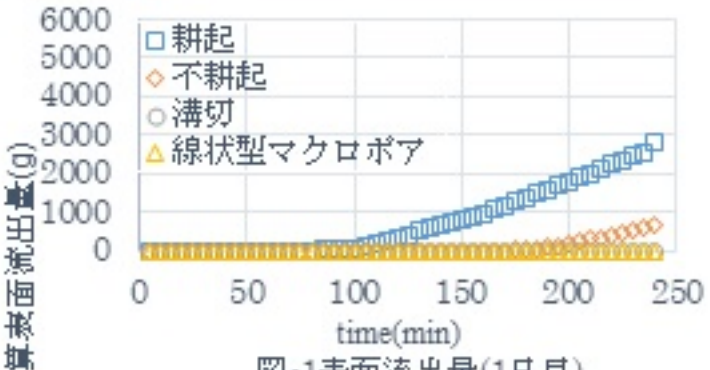


図-1表面流出量(1日目)

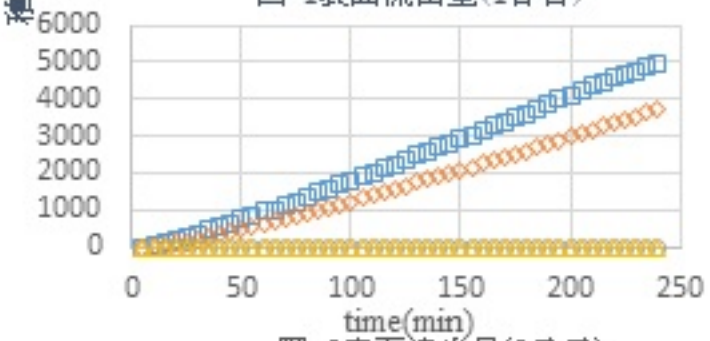


図-2表面流出量(2日目)

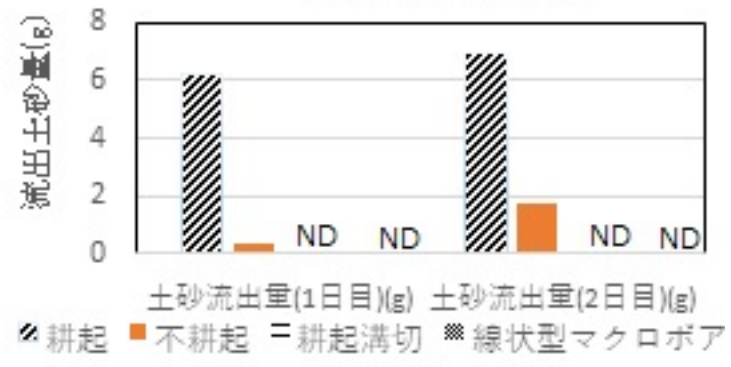


図-3流出土砂量(g)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

Conservation of the Rice Terraces of the Philippine Cordilleras Based on the Soil Environmental Factors.

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3]
*Tomoyo Kurozumi[1], Yasushi Mori[2], Hiroaki Somura[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学環境理工学部、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、3. Universal Harvester Incorporated
1. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン北部にあるコルディリェーラの棚田群では棚田の崩壊が深刻化しており，崩壊を中心とした諸問題に対応するための適切かつ効率的な営農管理が求められている．既往研究によれば棚田を含む斜面崩壊地域での短期的な地下水位変動には田面からの浸透が支配的である．そのため，田面からの浸透量が増加すれば，棚田が崩壊する可能性が高まる．そこで本研究では棚田群の土壌特性と鉛直方向の浸透現象との関係を明らかにした．現地調査と分析の結果，浸透量低下の原因は耕盤形成と有機物類の目詰まりが考えられ，耕盤が無い棚田のほうが有機物量は多いことがわかった．

一方で，耕盤の無い棚田では交換性陽イオンの溶脱が確認されたことから，棚田群での浸透抑制には耕盤形成による土壌の締固めと有機物類の目詰まりの2種類があり，土壌栄養の観点を踏まえると耕盤形成が必要であると考えられた．

キーワード：棚田、耕盤、有機物、フィリピン
Keywords: rice terraces, hardpan, organic matter, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

A preliminary study for water and substances simulation modeling in Cordilleras terraced paddy fields, Philippines

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3]
*Hiroaki Somura[1], Yasushi Mori[1], Tomoyo Kurozumi[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 岡山大学環境理工学部、3. Universal Harvester Incorporated
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン・ルソン島北部に位置するコルディリェーラ棚田群は1995年に世界遺産に登録された地域で，長年に渡り水稲栽培が営まれてきた．しかし近年，人手不足や予算不足等により棚田群の維持管理が難しくなって来ている．それに加え，収量の減少傾向を訴える農民もおり，生産・生活の場である棚田の負の側面が表面化して来ている．本研究では，現地において，灌漑や施肥といった営農方法や，対象流域全体の水文水質調査などを通して，環境保全に配慮しつつ，作物生産の安定化を実現するための方法を探る．その一つとして，コルディリェーラ棚田群内のBangaan地区を選定し，シミュレーションモデルによる水・物質動態の解析を進める．予備調査の結果，Bangaan地区の対象エリア面積はおおよそ11haあり，最上流部の観測ポイントに流れ込む水の集水面積が同程度あると考えられた．またASTER GDEMを用いて東西方向（流域傾斜方向中心線）の平均勾配を算出したところ，約20%と急峻なことが分かった．さらに衛星画像を用いて水田区画をできる限りトレースした結果，大小合わせて130枚以上の水田が確認された．流域内で最も大きな水田はおおよそ0.3haであり，より小規模の水田が大多数を占めていた．今後，モデル化に向けて，特に水田間の灌漑水や物質の移動について調査を進める予定である．

キーワード：棚田、灌漑、営農活動、フィリピン
Keywords: Terraced paddy fields, Irrigation, Agricultural activities, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-GE30] 地球陸域表層の土壌環境の保全と修復

コンビーナ:森 也寸志(岡山大学大学院環境生命科学研究科)

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫にして，水源涵養や植栽としての機能も併せ持ちます．しかしながら，今日では管理不全や気候変動由来の豪雨が有機物に富む表層土壌を洗い流すなど，その機能が果たせていません．このセッションでは土壌環境，すなわち土壌環境保全から劣化土壌環境の修復技術まで幅広い研究成果発表を募集します．

[AGE30-P01] **沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析**

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1] (1.宇都宮大学)

[AGE30-P02] 線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2.宇都宮大学農学部、3.石西礁湖サンゴ礁基金)

[AGE30-P03] フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3] (1.岡山大学環境理工学部、2.岡山大学大学院環境生命科学研究科、3.Universal Harvester Incorporated)

[AGE30-P04] コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3] (1.岡山大学大学院環境生命科学研究科、2.岡山大学環境理工学部、3.Universal Harvester Incorporated)

沖縄地方の将来的な気候変動を考慮した農地における土壌侵食の解析

Analysis of soil erosion on cropland considering future climate change in Okinawa

*町田 元[1]、大澤 和敏[1]、松井 宏之[1]
*Gen Machida[1], Kazutoshi Osawa[1], Hiroyuki Matsui[1]

1. 宇都宮大学
1. Utsunomiya University

沖縄県では土壌侵食(水食)による過度の赤土流出が問題となっており，農地における侵食量の予測手法の確立が求められている．既往研究では，プロセスベースモデルであるWEPP(Water Erosion Prediction Project)を用いた解析が試みられている．しかし，長期的な土壌侵食抑制対策の計画に必要となる，将来的な気候変動を考慮した土壌侵食リスクの評価手法に関しては，未だ検討されていない．そこで本研究では，気象シミュレーターMarkSimを用い，沖縄県名護市における将来的な気候変動を考慮した気象データの作成と，その適用を行った．

作成した気象データからは，地球温暖化による気温の上昇に伴い，降雨期の降水量の増加傾向がみられた．しかし，裸地条件下及びサトウキビ営農条件下のWEPP解析において，気候変動による侵食リスクの増大は確認できなかった．これは，気温や日射量の増大に伴い，雨水の浸入量が増加した為である．このことから，将来的な気候変動による降水量の増加は，必ずしも侵食量の増加に繋がらない可能性が示唆された．

キーワード：WEPPモデル、MarkSim、地球温暖化、赤土流出
Keywords: WEPP Model, MarkSim, Global warming, Red soil runoff

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

線状型マクロポア導入による表面流出の削減効果
Linear Macro pore Installation to Reduce Surface Flow

*清広 真輝[1]、森 也寸志[1]、大澤 和敏[2]、干川 明[3]
*Masaki Kiyohiro[1], Yasushi Mori[1], Kazutoshi Osawa[2], Akira Hosihkawa[3]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科　、2. 宇都宮大学　農学部、3. 石西礁湖サンゴ礁基金
1. Okayama University Graduate school of Environmental and Life Science, 2. Utsunomiya University Faculty of Agriculture, 3. Fund of Coral reef in Sekisei Lagoon

線状型マクロポア導入による国頭マージの表面流出の抑制

沖縄県石垣島では土壌流亡が問題となっている。土壌流亡は営農に影響を与えるだけでなく，珊瑚などの海産資源にも悪影響を与える。原因として、透水性の低い層であるクラストの発生が挙げられる。クラストは強雨時の雨滴の圧密，土壌間隙の目詰まりにより生じる。対策として鉛直方向に穴をあけ，繊維状物質を挿入する人工マクロポアが提案され，流亡対策と成り得るデータが示されていたが，設置の労力が課題だった。これを踏まえ提案されたのが線状型マクロポアである。線状型マクロポアは従来の穴の代わりに深さ30cm程度の溝を引き，サトウキビ残渣を鋤き込む。溝を引く作業は農業機械で行うことができ，サトウキビ残渣は現地で入手できるため，より実施しやすい人工マクロポアであると考えられる。本研究では，線状型マクロポアの下方浸透促進による表面流出・土壌流亡の抑制の検証を目的とし，ライシメータを用いた室内降雨実験を行った。

供試土として沖縄県石垣島のサトウキビ圃場から採取した土壌を風乾させ，2㎜篩を通過したものを使用した。これを体積含水率0.10m³m³，乾燥密度1.20gcm³に調整し，高さ・幅24cm，奥行き36cmのライシメータに充填し、側面から土壌水分・温度・ECセンサー(5TE,Meter)を挿入した。ライシメータは現場と同じ傾斜3%で設置し，25℃の恒温室で降雨実験を行った。20㎜h¹の降雨を4時間降らせ，降雨終了24時間後に同様の条件で再度降雨を行った。処理区として耕起区，植物残渣を表層に残す不耕起区，線状型マクロポア区、対象区として中空溝切のみの溝切区を用意し，表面流出，下方排水，土壌水分、流出土砂量を測定した。

実験の結果、表面流出量は耕起区で最も多く、次に不耕起区で多かった。線状型マクロポア区では表面流出は発生しなかった。溝切区では溝構造の崩壊が起こり、表面流出を採取することはできなかった。このことから、線状型マクロポアが表面流出を抑制したと考えられる。圃場では溝切区で最も流出量が多く，室内実験においても溝が崩壊したが，表面流出自体は確認することが出来た。

流出土砂量は室内実験では耕起区で最も多くかった。不耕起区でも流出が確認できたが、耕起区と比較して少なかった。このことから不耕起処理では表面流出は発生するが土砂流出は抑制されると考えられる。線状型マクロポア区では流出はなく、溝切区では流出は計測できなかった。対して圃場では溝切区で最も多く、次いで耕起，線状型マクロポア，不耕起区の順であった。このため室内実験でも溝切区で多くの土砂が移動していたと考えられる。また、線状型マクロポア区と不耕起区の現場と室内実験の結果の違いは土壌に対するマクロポアの面積の比が影響していると考えられる。

本研究では室内実験で圃場に近い条件の線状型マクロポアを再現し、土砂流出抑制効果を検証した。その結果、線状型マクロポアが下方浸透を促進し表面流出を削減，土砂流出を抑制することが示唆され，圃場実験と同様の傾向を得ることができた。また、圃場調査では溝切区において目詰まりが発生することにより表面流出，土砂流出が増加すると推定されていたが、今回の結果から降雨の早い段階で構造そのものが崩壊している可能性が示された。

キーワード：土壌流亡、マクロポア、表面流出
Keywords: Soil erosion, Macro pore, Surface flow

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

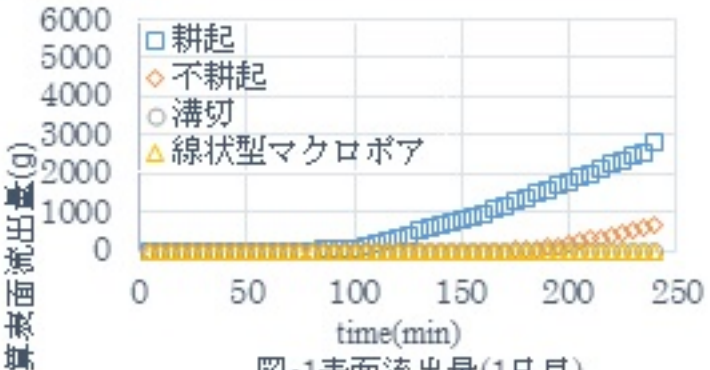


図-1表面流出量(1日目)

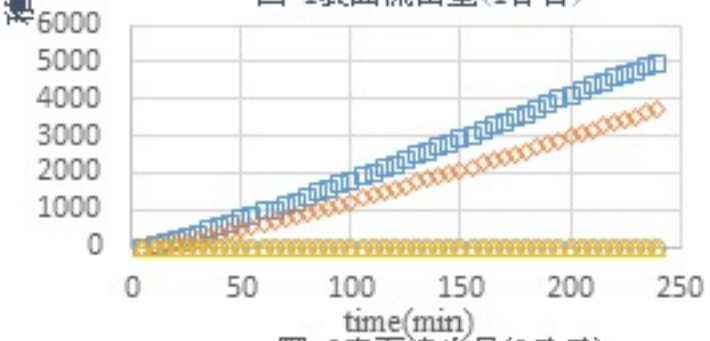


図-2表面流出量(2日目)

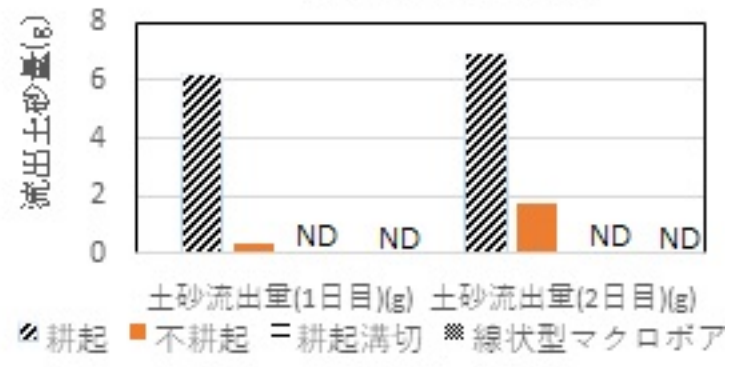


図-3流出土砂量(g)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン・コルディリェーラの棚田群の保全に関わる土壌環境因子の影響

Conservation of the Rice Terraces of the Philippine Cordilleras Based on the Soil Environmental Factors.

*黒住 知代[1]、森 也寸志[2]、宗村 広昭[2]、Milagros How[3]
*Tomoyo Kurozumi[1], Yasushi Mori[2], Hiroaki Somura[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学環境理工学部、2. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、3. Universal Harvester Incorporated
1. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 2. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン北部にあるコルディリェーラの棚田群では棚田の崩壊が深刻化しており，崩壊を中心とした諸問題に対応するための適切かつ効率的な営農管理が求められている．既往研究によれば棚田を含む斜面崩壊地域での短期的な地下水位変動には田面からの浸透が支配的である．そのため，田面からの浸透量が増加すれば，棚田が崩壊する可能性が高まる．そこで本研究では棚田群の土壌特性と鉛直方向の浸透現象との関係を明らかにした．現地調査と分析の結果，浸透量低下の原因は耕盤形成と有機物類の目詰まりが考えられ，耕盤が無い棚田のほうが有機物量は多いことがわかった．

一方で，耕盤の無い棚田では交換性陽イオンの溶脱が確認されたことから，棚田群での浸透抑制には耕盤形成による土壌の締固めと有機物類の目詰まりの2種類があり，土壌栄養の観点を踏まえると耕盤形成が必要であると考えられた．

キーワード：棚田、耕盤、有機物、フィリピン
Keywords: rice terraces, hardpan, organic matter, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コルディリェーラの棚田における水・物質動態のモデル化に向けた予備調査

A preliminary study for water and substances simulation modeling in Cordilleras terraced paddy fields, Philippines

*宗村 広昭[1]、森 也寸志[1]、黒住 知代[2]、Milagros Ong How[3]
*Hiroaki Somura[1], Yasushi Mori[1], Tomoyo Kurozumi[2], Milagros Ong How[3]

1. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、2. 岡山大学環境理工学部、3. Universal Harvester Incorporated
1. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 2. Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University, 3. Universal Harvester Incorporated

フィリピン・ルソン島北部に位置するコルディリェーラ棚田群は1995年に世界遺産に登録された地域で，長年に渡り水稲栽培が営まれてきた．しかし近年，人手不足や予算不足等により棚田群の維持管理が難しくなって来ている．それに加え，収量の減少傾向を訴える農民もおり，生産・生活の場である棚田の負の側面が表面化して来ている．本研究では，現地において，灌漑や施肥といった営農方法や，対象流域全体の水文水質調査などを通して，環境保全に配慮しつつ，作物生産の安定化を実現するための方法を探る．その一つとして，コルディリェーラ棚田群内のBangaan地区を選定し，シミュレーションモデルによる水・物質動態の解析を進める．予備調査の結果，Bangaan地区の対象エリア面積はおおよそ11haあり，最上流部の観測ポイントに流れ込む水の集水面積が同程度あると考えられた．またASTER GDEMを用いて東西方向（流域傾斜方向中心線）の平均勾配を算出したところ，約20%と急峻なことが分かった．さらに衛星画像を用いて水田区画をできる限りトレースした結果，大小合わせて130枚以上の水田が確認された．流域内で最も大きな水田はおおよそ0.3haであり，より小規模の水田が大多数を占めていた．今後，モデル化に向けて，特に水田間の灌漑水や物質の移動について調査を進める予定である．

キーワード：棚田、灌漑、営農活動、フィリピン
Keywords: Terraced paddy fields, Irrigation, Agricultural activities, Philippines

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_1

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

地球外宇宙における土壌科学の役割
Roles of soil science in ectraterestrial space

*登尾 浩助[1]
*Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

液体と固体の水が最近、月、火星、その他の隕石で発見されている。 人々は月や火星の基地建設やそこで野菜栽培の話をするが、そのような条件下での多孔質媒体中の水輸送にはほとんど言及しない。 土壌物理学は地球外でも1G状態の地球上と同様に重要な役割を果たす可能性がある。宇宙における水分移動の概要を議論する。

キーワード：地球外、水分、多孔質体
Keywords: extraterrestrial, water, porous media

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出
Characterization of Soil Organic Matter using Fourier Transform Infrared Spectrometer

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1]
*Iwasaki Masayoshi[1], Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科
1. okayama university graduate school environmental and life science

土壌中の有機物量を知る主な方法としては燃焼法によるTC（Total Carbon）の測定が挙げられる．しかし，これは総量の測定であり，測定した炭素の内訳はわからない．そこでFTIR（Fourier transform infrared spectrometer）を用いた赤外光による分析によって詳細な有機物分析を試みた．

計測の際には，ピークで波形が飽和しないように，光学的な希釈剤を用いる．赤外線吸収のほとんど無いKBrを使用することが多いが高価である。波形特性を調べるとKClが代替品として使用できることがわかり，これを希釈剤として利用した。まず標準物質として，濃度を変えたセルロースをKClと混合し，検量線を作成した。次いで，実圃場試料として，農地保全を行っている沖縄県石垣島サトウキビ畑の土壌について，比重1.0で分画を行い，耕起区マクロポア有・無，不耕起区マクロポア有・無の4処理区で，深さ0，10，20cmの計12個の土壌試料を測定した。さらに，有機物を含まないマサ土に対してセルロースとフミンを混合させた試料を比重1.8の重液で分画し，どこまで有機物を個別に抽出できるか実験した．重液にはポリタングステン酸ナトリウム溶液を使用した．また，マサ土にセルロースとフミンを混合させた試料に関しては，（マサ土＋セルロース1，2，3%），（マサ土＋フミン1，2，3%），（マサ土＋フミン3%＋セルロース1，2，3%）の計9つの試料を測定した．

その結果，セルロース量はFTIR吸収波形と線形比例し，計測が可能であるとわかった．実圃場の試料をセルロースのピーク波長で代表して分析すると，その量は全ての処理区で表層に最も多く，表層より下では，耕起区は不耕起区よりも多かった。これは比較的新しい植物の残渣の量を指していると考えられ，耕起区の方がこの割合が高いと推測できる。また，全炭素分析の結果と比べた時に，不耕起区ではそれ以外の有機物，例えば難分解性の有機物が多い可能性があると推測された。同じ全炭素量であっても耕起区と不耕起区ではその内容に違いがあり，耕起区ではセルロースを中心とする有機物が，不耕起区ではそれ以外の成分を中心とする有機物が多い可能性があった。これは一般的な耕起・不耕起の知見と一致する。さらに，重液を用いた実験では，（マサ土＋セルロース）と（マサ土＋フミン）で独立に混合した場合，両方とも線形比例である検量線を得て，それぞれの量の大小の比較が可能であった．しかし，（マサ土＋フミン＋セルロース）と混合した場合は，十分な精度が得られなかった．

これまで実際の土壌で有機物の特性を調べることができなかったが，土粒子と分離し，さらに比重で分画し，希釈剤にKClを用いることで，安価で効果的に有機物の質を調べられる可能性を得た。現状では抽出物の正確な定量は出来ないものの，量の大小の比較は可能であった。また，重液を用いた比重分画実験では，土と単一の有機物を混合させた物ならば効果的な分離と定量が行えたが，混合させる有機物が複数になると途端に測定の精度が下がってしまうため，この事への対処が今後の課題となった．

キーワード：土壌有機物、比重分画、フーリエ変換赤外分光光度計
Keywords: soil organic matter, specific gravity fractionation, fourier transform infrared spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下
The slowing down of water movement in capillary tubes under microgravity.

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2]
*Yuichi Maruo[1], Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[1], Kento Nogawa[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院、2. 明治大学
1. Graduate school of Agriculture, Meiji University, 2. Meiji University

The international deep space gateway is going to be built on the moon orbit from early 2020s. As manned space missions may get farther and longer, the importance of food production in space increases. For food production by growing crops in space, water by the crops plays an important role; however, few workers have conducted research on water movement in porous media under microgravity. It was reported that a water infiltration rate in porous media was slower under microgravity than under 1G. The objective of this study is to reveal what makes water move slower in porous media under microgravity. Capillary rises in capillary tubes, which were simpler pores, were observed under microgravity induced by a free-fall tower. The measured rates of capillary rise were slower than theoretical values calculated by Lucas-Washburn equation for 1G condition. The slower rates could be explained if either surface tension, contact angle, or viscosity are the function of gravity. Previous research reported that larger viscosity was observed under microgravity than under 1G although surface tension and contact angle were not changed by gravity. Slower water flows in capillary tubes under microgravity may be explained by changes in viscosity as a function of gravity.

キーワード：土壌物理学、微小重力、水分移動
Keywords: Soil physics , Microgravity, Water movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2]
*Natsumi Naganuma[1], Naoto Sato[1], Kento Nogawa[1], Yuichi Maruo[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

Matric potential gradient is one of the driving forces of water movement in porous media. It has been reported that water movement in porous media under microgravity was slower than that under 1G, and hydraulic characteristic curve changed. Therefore, there is a possibility that the matric potential changes under reduced gravity. Capillary pressure is the main factor of dominating the matric potential value in porous media with a relatively large pore size. In this study we investigated the dependence of capillary force on gravity. Capillary forces are governed by the surface tension and contact angle that the liquid makes with the solid surfaces. We measured the contact angle of droplets on glass plate under microgravity condition to reveal the dependence of the contact angle on gravity. For large droplets, the contact angle under microgravity was larger than that under 1G, but the difference in contact angle between 1G and μG reduced with smaller droplets. We also conducted parabolic experiments to measure the surface tension of water under reduced gravity (μG, 1/6G, 1/3G, 1G). The maximum bubble pressure method which is one of the methods measuring surface tension was used. The bubble pressure greatly changed due to dynamically change of the inboard air pressure during parabolic flight. Evaluation of the surface tension by removing air pressure and hydraulic pressure from bubble pressure will be discussed.

キーワード：capillary pressure、contact angle、surface tension、reduced gravity、maximum bubble method
Keywords: capillary pressure, contact angle, surface tension, reduced gravity, maximum bubble method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-GE 地質環境・土壌環境

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_12

[A-GE31] New Roles of Soil Science for Extraterrestrials

コンビーナ:登尾 浩助(Meiji University)、溝口 勝(東京大学大学院農学生命科学研究科)

In recent years water ice and vapor have been discovered in extraterrestrials; however, liquid and ice water behavior in such environments is still not well understood. We will share recent studies how liquid or ice water behavior in porous media in microgravity or vacuum condition.

[AGE31-P01] 地球外宇宙における土壌科学の役割

*登尾 浩助[1] (1. 明治大学)

[AGE31-P02] 近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1] (1.岡山大学　大学院　環境生命科学研究科)

[AGE31-P03] 微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院、2.明治大学)

[AGE31-P04] Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2] (1.明治大学大学院農学研究科、2.明治大学農学部)

地球外宇宙における土壌科学の役割
Roles of soil science in ectraterestrial space

*登尾 浩助[1]
*Kosuke Noborio[1]

1. 明治大学
1. Meiji University

液体と固体の水が最近、月、火星、その他の隕石で発見されている。 人々は月や火星の基地建設やそこで野菜栽培の話をするが、そのような条件下での多孔質媒体中の水輸送にはほとんど言及しない。 土壌物理学は地球外でも1G状態の地球上と同様に重要な役割を果たす可能性がある。宇宙における水分移動の概要を議論する。

キーワード：地球外、水分、多孔質体
Keywords: extraterrestrial, water, porous media

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

近・中赤外線による土壌炭素の特徴抽出
Characterization of Soil Organic Matter using Fourier Transform Infrared Spectrometer

*岩崎 正義[1]、森 也寸志[1]
*Iwasaki Masayoshi[1], Yasushi Mori[1]

1. 岡山大学　大学院　環境生命科学研究科
1. okayama university graduate school environmental and life science

土壌中の有機物量を知る主な方法としては燃焼法によるTC（Total Carbon）の測定が挙げられる．しかし，これは総量の測定であり，測定した炭素の内訳はわからない．そこでFTIR（Fourier transform infrared spectrometer）を用いた赤外光による分析によって詳細な有機物分析を試みた．

計測の際には，ピークで波形が飽和しないように，光学的な希釈剤を用いる．赤外線吸収のほとんど無いKBrを使用することが多いが高価である。波形特性を調べるとKClが代替品として使用できることがわかり，これを希釈剤として利用した。まず標準物質として，濃度を変えたセルロースをKClと混合し，検量線を作成した。次いで，実圃場試料として，農地保全を行っている沖縄県石垣島サトウキビ畑の土壌について，比重1.0で分画を行い，耕起区マクロポア有・無，不耕起区マクロポア有・無の4処理区で，深さ0，10，20cmの計12個の土壌試料を測定した。さらに，有機物を含まないマサ土に対してセルロースとフミンを混合させた試料を比重1.8の重液で分画し，どこまで有機物を個別に抽出できるか実験した．重液にはポリタングステン酸ナトリウム溶液を使用した．また，マサ土にセルロースとフミンを混合させた試料に関しては，（マサ土＋セルロース1，2，3%），（マサ土＋フミン1，2，3%），（マサ土＋フミン3%＋セルロース1，2，3%）の計9つの試料を測定した．

その結果，セルロース量はFTIR吸収波形と線形比例し，計測が可能であるとわかった．実圃場の試料をセルロースのピーク波長で代表して分析すると，その量は全ての処理区で表層に最も多く，表層より下では，耕起区は不耕起区よりも多かった。これは比較的新しい植物の残渣の量を指していると考えられ，耕起区の方がこの割合が高いと推測できる。また，全炭素分析の結果と比べた時に，不耕起区ではそれ以外の有機物，例えば難分解性の有機物が多い可能性があると推測された。同じ全炭素量であっても耕起区と不耕起区ではその内容に違いがあり，耕起区ではセルロースを中心とする有機物が，不耕起区ではそれ以外の成分を中心とする有機物が多い可能性があった。これは一般的な耕起・不耕起の知見と一致する。さらに，重液を用いた実験では，（マサ土＋セルロース）と（マサ土＋フミン）で独立に混合した場合，両方とも線形比例である検量線を得て，それぞれの量の大小の比較が可能であった．しかし，（マサ土＋フミン＋セルロース）と混合した場合は，十分な精度が得られなかった．

これまで実際の土壌で有機物の特性を調べることができなかったが，土粒子と分離し，さらに比重で分画し，希釈剤にKClを用いることで，安価で効果的に有機物の質を調べられる可能性を得た。現状では抽出物の正確な定量は出来ないものの，量の大小の比較は可能であった。また，重液を用いた比重分画実験では，土と単一の有機物を混合させた物ならば効果的な分離と定量が行えたが，混合させる有機物が複数になると途端に測定の精度が下がってしまうため，この事への対処が今後の課題となった．

キーワード：土壌有機物、比重分画、フーリエ変換赤外分光光度計
Keywords: soil organic matter, specific gravity fractionation, fourier transform infrared spectrometer

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

微小重力下における毛管中の水分移動速度の低下
The slowing down of water movement in capillary tubes under microgravity.

*丸尾 裕一[1]、佐藤 直人[1]、長沼 菜摘[1]、野川 健人[1]、登尾 浩助[2]
*Yuichi Maruo[1], Naoto Sato[1], Natsumi Naganuma[1], Kento Nogawa[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院、2. 明治大学
1. Graduate school of Agriculture, Meiji University, 2. Meiji University

The international deep space gateway is going to be built on the moon orbit from early 2020s. As manned space missions may get farther and longer, the importance of food production in space increases. For food production by growing crops in space, water by the crops plays an important role; however, few workers have conducted research on water movement in porous media under microgravity. It was reported that a water infiltration rate in porous media was slower under microgravity than under 1G. The objective of this study is to reveal what makes water move slower in porous media under microgravity. Capillary rises in capillary tubes, which were simpler pores, were observed under microgravity induced by a free-fall tower. The measured rates of capillary rise were slower than theoretical values calculated by Lucas-Washburn equation for 1G condition. The slower rates could be explained if either surface tension, contact angle, or viscosity are the function of gravity. Previous research reported that larger viscosity was observed under microgravity than under 1G although surface tension and contact angle were not changed by gravity. Slower water flows in capillary tubes under microgravity may be explained by changes in viscosity as a function of gravity.

キーワード：土壌物理学、微小重力、水分移動
Keywords: Soil physics , Microgravity, Water movement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Challenges to measuring of the contact angle and the surface tension of water under reduced gravity

*長沼 菜摘[1]、佐藤 直人[1]、野川 健人[1]、丸尾 裕一[1]、登尾 浩助[2]
*Natsumi Naganuma[1], Naoto Sato[1], Kento Nogawa[1], Yuichi Maruo[1], Kosuke Noborio[2]

1. 明治大学大学院農学研究科、2. 明治大学農学部
1. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 2. School of Agriculture, Meiji University

Matric potential gradient is one of the driving forces of water movement in porous media. It has been reported that water movement in porous media under microgravity was slower than that under 1G, and hydraulic characteristic curve changed. Therefore, there is a possibility that the matric potential changes under reduced gravity. Capillary pressure is the main factor of dominating the matric potential value in porous media with a relatively large pore size. In this study we investigated the dependence of capillary force on gravity. Capillary forces are governed by the surface tension and contact angle that the liquid makes with the solid surfaces. We measured the contact angle of droplets on glass plate under microgravity condition to reveal the dependence of the contact angle on gravity. For large droplets, the contact angle under microgravity was larger than that under 1G, but the difference in contact angle between 1G and μG reduced with smaller droplets. We also conducted parabolic experiments to measure the surface tension of water under reduced gravity (μG, 1/6G, 1/3G, 1G). The maximum bubble pressure method which is one of the methods measuring surface tension was used. The bubble pressure greatly changed due to dynamically change of the inboard air pressure during parabolic flight. Evaluation of the surface tension by removing air pressure and hydraulic pressure from bubble pressure will be discussed.

キーワード：capillary pressure、contact angle、surface tension、reduced gravity、maximum bubble method
Keywords: capillary pressure, contact angle, surface tension, reduced gravity, maximum bubble method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響
Impacts of seasonal transitions of ENSO on frequency of atmospheric rivers over East Asia

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1]
*Youichi Kamae[1], Moeka Naoi[2], Hiroaki Ueda[1]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

大気の川と呼ばれる中緯度の細い水蒸気輸送帯は、水循環や自然災害にとって重要な現象である。温帯低気圧とともに北米西岸や欧州に上陸した大気の川は大量の降水をもたらす。これまでの研究で、エルニーニョ・南方振動（ENSO）に対応した大規模な大気循環場の変調が、北米西岸の冬季の大気の川の活動にとって重要であることが指摘されている。近年、Kamae et al. (2017)は東アジアでも夏季を中心に大気の川が確認されることを指摘した。彼らはさらに、先行する冬季のエルニーニョが半年の時間差で夏季の大気の川の活動を強めることを示した。冬季にエルニーニョが発達すると、遅れて昇温したインド洋の影響により、夏季西部北太平洋上に高気圧性偏差が生じ、それに対応して東アジアの夏季の大気の川が増える。しかしながら、先行する冬季から夏季にかけて、ENSOの季節的な維持・遷移によって夏季東アジアにおける大気の川の活動が変わる様子は明らかにされていない。本研究では、冬のエルニーニョから夏のラニーニャへの急激な遷移のように、異なるENSOの遷移ケースごとに分けて合成解析することで、季節的なENSOと大気の川の関係に関する理解を進展させる。急激なENSOの遷移は、西部北太平洋の高気圧性偏差とそれによる東アジアの大気の川の活動の強まりをもたらす。ここで、高気圧性偏差は、エルニーニョが冬季から夏季にかけて持続するケース、夏季にかけて衰退するケースと比べて、北側にシフトしていた。このようなENSOの遷移が夏季東アジアにおける大気の川の活動に与える影響は、赤道太平洋上のウォーカー循環に対応した熱帯対流加熱分布の変調による夏季の遠隔影響の結果であると理解することができる。

キーワード：エルニーニョ南方振動、大気の川、北太平洋高気圧、インド洋キャパシタ効果
Keywords: ENSO, Atmospheric river, North Pacific High, Indian Ocean capacitor effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響
Impact of tropical Pacific sea surface temperature on the regional heavy rainfall events in Japan

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1]
*Yukiko Imada[1], Hiroaki Kawase[1], Masahiro Watanabe[2], Izuru Takayabu[1]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

To detect the impact of global-scale climate on regional extreme events is challenging especially for disastrous regional heavy rainfall events which are often strongly affected by local topography. Observed records are too short to obtain significant concurrent signals. General circulation models (GCMs) can represent background large-scale circulations causing regional heavy rainfall but cannot resolve the topography. On the other hand, high-resolution regional climate model can resolve orographic rainfall but cannot provide the information of key processes in larger-scale circulation. Here, we prepared a large-ensemble pair of GCM and nonhydrostatic regional model simulations covering 6800-year samples. It enables us to access local rainfall event directly and investigate cause-to-effect pathway to explain the impact of global scale climate. As an example, we cite 2-type heavy rainfall events around precipitous terrains in Japan: western Kyushu type and eastern Kyushu type. The western Kyushu type related to moisture transport is attributed to the development of the Pacific subtropical High which is often forced by an El Nino event during previous winter. On the other hand, the eastern Kyushu type is attributed to TC approach which correlates to the central Pacific El Ninos. Through this new flamework with large-ensemble pairs of global and regional simulations, we can verify various influence pathways of large-scale climate to specific regional extreme events.

キーワード：豪雨、大気大循環モデル、領域気候モデル
Keywords: Heavy rainfall, Atomospheric general circulation model, Regional climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム
The North Pacific pacemaker effect on historical ENSO and its mechanisms

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2]
*Yu Kosaka[1], Dillon J. Amaya[2], Wenyu Zhou[2], Yu Zhang[2], Shang-Ping Xie[2], Arthur J. Miller[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego

Recent studies have indicated that North Pacific sea surface temperature (SST) variability can significantly modulate the evolution of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), but there has been little effort to put these extratropical-tropical interactions into the context of historical ENSO events. To quantify the role of the North Pacific in pacing the timing and magnitude of observed ENSO events, we use a fully-coupled climate model to produce the first ensemble of North Pacific Ocean-Global Atmosphere (nPOGA) SST pacemaker simulations. In nPOGA, SST anomalies in the North Pacific (>15˚N) are restored back to observations, but are free to evolve throughout the rest of the globe. We find that North Pacific SST variability has significantly influenced the observed trajectory of historical ENSO, accounting for approximately 15% of the total variance in boreal fall and winter. The interaction between the North and tropical Pacific is the result of two physical pathways: 1. A Wind-Evaporation-SST propagating mechanism in boreal spring, and 2. A convective response associated with the Seasonal Footprinting Mechanism in boreal fall. The latter accounts for 25% of the observed zonal wind variability around the equatorial dateline. On an event-by-event basis, nPOGA most closely reproduces the 2014-2015 and the 2015-2016 El Niño events. In particular, we show that the 2015 Pacific Meridional Mode event increased wind forcing along the equator by 20%, potentially contributing to the extreme nature of the 2015-2016 El Niño. Our results illustrate the significant role of extratropical noise in pacing the initiation and magnitude of ENSO events and may improve the predictability of ENSO on seasonal timescales.

キーワード：太平洋南北モード、ENSO、ペースメーカー実験
Keywords: Pacific Meridional Mode, ENSO, Pacemaker experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤道付近におけるDry Intrusionの検出とDry IntrusionとMJOとの関係

Detection of the dry intrusions from the mid-latitudes to the Equator and their association with MJO

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1]
*Saki Yanagisawa[1], Akiyo Yatagai[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Hirosaki Univercity

非常に乾燥した空気塊が熱帯へと侵入する現象をDry intrusionといい、この現象は積雲対流活動に影響する。しかしながら、ラージスケールでのその現象の特徴は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、長期再解析データ（ERA-Interim）を用いて赤道付近におけるDry intrusionの検出を行い、その出現とMJOとの関係を明らかにすることを目的とする。

始めに、1988年から2016年のERA-Interimの可降水量を日平均して図化し、以下の条件に基づいて経度20˚毎に記録した。1) 10˚S-10˚Nの領域に侵入し、約2日から10日持続すること。2) 可降水量40 mm以下の部分で三日月型を形成すること。3) 可降水量30 mm以下の領域を含むこと。4) 全体が2000 km^2に収まること。

上記の10593日間で、Dry intrusionは全球で計1118回（年平均で40回）検出され、北半球（388回）より南半球（730回）で多く検出された。また，両半球共に今回検出されたDry intrusionの約9割がインド洋から赤道西太平洋にかけた領域で出現しており、夏半球で出現回数は少なく，冬半球の出現回数は多かった。上記の検出条件により、熱帯低気圧に伴って出現したDry intrusionがいくつか数えられ、全件数の8%に及んだ。

Dry intrusionの出現が多かったインド洋、海大陸、赤道西太平洋について、Dry intrusionが検出された日の700 hPaと850 hPaの東西風の場を合成した。結果として、インド洋と赤道西太平洋ではDry intrusionが発生する領域で強い西風が吹き、海大陸ではDry intrusionが発生した領域の西側で西風が強かった。このような西風の場はMJOの東進時にも発生し、西風バーストと呼ばれている。Dry intrusionが海大陸や赤道西太平洋で起きるとき、赤道西太平洋域で西風バーストが吹いていた。そのため、MJOによる対流活動と乾燥空気の侵入に関係があるかもしれないと考えられる。全期間を通して赤道西太平洋で起きたDry intrusionのうち同じ地域でMJOの対流活動が活発であったのは25.2%、また14.8%は同じ地域ではあったがMJOが活発ではなかった。残り60.0%はMJOが他の地域で活発、または不活発なときにDry intrusionがインド洋で起きていた。このパーセンテージをDry intrusionがインド洋と海大陸で起きた場合について同様に解析したところ、西太平洋で起きたDry intrusionの場合よりも低かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係
Relationship between oceanic and atmospheric variations in the Philippine Sea and modulation of El Nino events

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2]
*Takuya Hasegawa[1], Akira Nagano[2], Iwao Ueki[2], Kentaro Ando[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. JAMSTEC

El Nino理論の一つであるWestern Pacific Oscillator (WPO) モデルの特徴の一つに、エルニーニョ最盛期以後に西部熱帯太平洋（フィリピン海周辺海域）において高気圧偏差が卓越する点が挙げられる。この特徴に着目して、エルニーニョ発生後の冬季(1-3 月)に平均されたフィリピン海の高気圧偏差の時系列を作成した。その結果、eastern-Pacific(EP)-El Nino (1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98 年)では、 WPO モデルの特徴と一致して、海面気圧は強い正偏差を示す。一方、central-Pacific (CP)-El Nino (1994/95, 2002/03, 2004/05、2006/07、2009/10 年)では、高気圧偏差の値が弱い。次に、海面気圧と海上風の水平分布を調べるために、EP-El Nino 及び CP-El Nino の各イベント毎に、エルニーニョ発生後の冬季において海面気圧偏差と海上風偏差の平均図を作成した。その結果、EP-El Nino では先の結果と一致して、フィリピン海周辺において正の海面気圧偏差が出現し、それに対応する高気圧性の海上風循環場が見られた。この高気圧性循環場の南部(5N 付近)では、東風偏差となっており、赤道太平洋の暖水を減少さ せる極向きのエクマン輸送が導かれる。これは WPOモデルから期待されるように、現在のエルニーニョを終焉させ次のラニーニャを導く cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい状況であることを示唆する。さらに、海面高度 偏差の合成図解析を行った結果、EP-El Nino では cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい大きな負の海面高度偏差が西部赤道太平洋に分布していた。一方、CP-El Nino では、高気圧性偏差が非常に弱く、海上風は明瞭な高気 圧性の循環場を形成しておらず、西部赤道太平洋には大 きな負の海面高度偏差は見られない。これらの結果から、CP-El Nino では、WPOモデルの特徴が弱く、この WPOモデルが効果的に機能していないことが示唆される。

[謝辞] 本研究は、JSPS科研費・基盤研究(C)・17K05660の助成を受けたものです。

キーワード：エルニーニョ、フィリピン海、western Pacific Oscillator model
Keywords: El Nino, Philippine Sea, western Pacific Oscillator model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Nino/Nina

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]
*Hidehiro Kusunoki[1], Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ningaloo Nino (Nina) is a climate mode associated with anomalously warm (cool) sea surface temperature (SST) off the Western Australian coast. Considering its large impacts on the local marine ecosystem and precipitation, better understanding of its mechanism and predictability is desirable. Existing studies suggest that both local air-sea interaction and remote forcing contribute to generation and amplification of the Ningaloo Nino/Nina. The latter forcing includes the atmospheric teleconnection and oceanic wave propagation through the Indonesian archipelago, mainly associated with the El Nino/Southern Oscillation (ENSO). One of the important characteristics of Ningaloo Nino/Nina is its asymmetry; the Ningaloo Nino is stronger than the Ningaloo Nina. This suggests the presence of some asymmetry in these processes. However, no studies to date focused on this topic.

Using a regional ocean modeling system (ROMS), the contribution of oceanic wave propagation to the amplitude and asymmetry of SST anomalies associated with the Ningaloo Nino/Nina is investigated. For these purposes, a sensitivity experiment in which oceanic lateral boundary conditions are replaced by the monthly climatology is conducted. The results suggest that downwelling (upwelling) Kelvin waves from the western tropical Pacific associated with La Nina (El Nino) that often co-occur with Ningaloo Nino (Nina) are stronger (weaker) and contribute to the asymmetry.

キーワード：ニンガルー・ニーニョ現象、領域海洋モデル、エルニーニョ・南方振動、沿岸ケルビン波
Keywords: Ningaloo Nino, Regional ocean modeling system, El Nino/Southern Oscillation, coastal Kelvin wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

The life-cycle of annual waves in the Indian Ocean as identified by a seamless diagnosis for the energy flux

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2]
*Zimeng Li[1], Hidenori Aiki[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate school of environmental studies, Nagoya university, 2. Institute for space-earth environmental research, Nagoya university

総観規模の大気海洋波動によるエネルギー伝達経路を世界地図上に初めて同定することは気候学的にも地球流体力学的にも意義のある課題であるが、従来の診断スキームでは熱帯と中緯度を連続して取り扱うことができなかったために未解決であった。最近の理論研究により、すべての緯度帯についてシームレスな診断スキームが開発され、さらにこれは重力波と惑星波が混在する状況でも群速度ベクトルの分布を同定できるという利点がある。本研究では、この新しいスキームを用いて、インド洋海洋表層の季節波動のライフサイクルについての初めての解析を行った。まず第１、２、３傾圧各モードの浅水モデルに、月別気候値の風外力をそれぞれ与えて２０年間の積分を行った。各実験結果に対して、新しい診断スキームを１年平均フィルータに基づいて適用し、赤道ケルビン波による東向きのエネルギーフラックスの分布を解析したところ、特に第2傾圧モードについては熱帯インド洋の全経度にシグナルが現れるのに対して、第１傾圧モードでは海盆西側、第３傾圧モードでは海盆東側に分布していた。次に、３ヶ月移動平均に用いて新しい診断スキームを適用して、エネルギーフラックスのゆっくりとした時間変化を考察したところ、モンスーン風によって赤道東西流の向きが変わるときに、ケルビン波のシグナルが最高潮に達し、これが年に４回起きていることがわかった。最後に、赤道と中緯度をまたぐエネルギー循環について考察した。インド洋の東岸に入射した赤道ケルビン波のシグナルは、ベンガル湾とオーストラリアの海岸に沿って両極方向に分岐した後に中緯度ロスビー波を放射して、各半球で海盆規模の低気圧性のエネルギー循環を形成する。インド洋の西岸の近くでは、ソマリジェットと東アフリカ沿岸流それぞれの季節変動によって、アフリカ沿岸に沿って赤道向きのエネルギーフラックスを生じて、各半球で局所的な低気圧性エネルギー循環を形成することがわかった。本研究において初めて同定した季節波動による気候値的なエネルギー循環像は、将来的にインド洋ダイポールモードのような経年変動現象にともなう大気海洋波動の役割を考察するにあたり、熱帯中緯度相互作用をより深く理解するための基盤として位置づけられる。

キーワード：熱帯中緯度相互作用、季節変動解析、波動エネルギー循環
Keywords: tropical-extratropical interactions, seasonal variations analysis, wave energy circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[A-CG38] 熱帯インド洋・太平洋におけるマルチスケール大気海洋相互作用

コンビーナ:清木 亜矢子(海洋研究開発機構)、東塚 知己(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、名倉 元樹((独) 海洋研究開発機構)、釜江 陽一(筑波大学生命環境系)

熱帯域では、様々な時空間スケールの大気海洋相互作用現象が存在しており、それらが大気のテレコネクションを介して全球的な気候に影響を及ぼしている。1980年代頃からエルニーニョ・南方振動やインド洋ダイポールなどに代表される経年変動、それらの原因となり得る熱帯季節内変動やインド・オーストラリアモンスーン、熱帯・中緯度相互作用に関する研究などが盛んに行われてきたのに加え、近年の研究では、熱帯太平洋の数十年スケール変動と2000年代の地球温暖化停滞期との関連や、大気海洋相互作用における塩分の重要性が指摘されている。このように熱帯域は、異なる時間スケール間、異なる海盆間、また熱帯・中緯度間で複雑に相互作用しながら、気候の形成や変動に重要な役割を担っている。これらを総合的に理解するためには、熱帯域における大気海洋相互作用を多角的に検証する必要があり、本セッションでは、これらのマルチスケールな大気海洋相互作用現象に着目して、様々な観点から発表・議論・情報交換を行う場としたい。なお、理論研究・観測データ解析・数値モデリングなど幅広い研究手法からの発表および英語での発表も歓迎する。

[ACG38-P01] 東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1] (1.筑波大学生命環境系、2.筑波大学生命環境科学研究科)

[ACG38-P02] 日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1] (1.気象庁気象研究所、2.東京大学大気海洋研究所)

[ACG38-P03] 北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2] (1.東京大学先端科学技術研究センター、2.カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所)

[ACG38-P04] 赤道付近におけるDry IntrusionとDry IntrusionとMJOとの関係

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[ACG38-P05] フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2] (1.東北大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG38-P06] 熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[ACG38-P07] インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

東アジア域の大気の川通過頻度に対するENSOの季節進行の影響
Impacts of seasonal transitions of ENSO on frequency of atmospheric rivers over East Asia

*釜江 陽一[1]、直井 萌香[2]、植田 宏昭[1]
*Youichi Kamae[1], Moeka Naoi[2], Hiroaki Ueda[1]

1. 筑波大学生命環境系、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

大気の川と呼ばれる中緯度の細い水蒸気輸送帯は、水循環や自然災害にとって重要な現象である。温帯低気圧とともに北米西岸や欧州に上陸した大気の川は大量の降水をもたらす。これまでの研究で、エルニーニョ・南方振動（ENSO）に対応した大規模な大気循環場の変調が、北米西岸の冬季の大気の川の活動にとって重要であることが指摘されている。近年、Kamae et al. (2017)は東アジアでも夏季を中心に大気の川が確認されることを指摘した。彼らはさらに、先行する冬季のエルニーニョが半年の時間差で夏季の大気の川の活動を強めることを示した。冬季にエルニーニョが発達すると、遅れて昇温したインド洋の影響により、夏季西部北太平洋上に高気圧性偏差が生じ、それに対応して東アジアの夏季の大気の川が増える。しかしながら、先行する冬季から夏季にかけて、ENSOの季節的な維持・遷移によって夏季東アジアにおける大気の川の活動が変わる様子は明らかにされていない。本研究では、冬のエルニーニョから夏のラニーニャへの急激な遷移のように、異なるENSOの遷移ケースごとに分けて合成解析することで、季節的なENSOと大気の川の関係に関する理解を進展させる。急激なENSOの遷移は、西部北太平洋の高気圧性偏差とそれによる東アジアの大気の川の活動の強まりをもたらす。ここで、高気圧性偏差は、エルニーニョが冬季から夏季にかけて持続するケース、夏季にかけて衰退するケースと比べて、北側にシフトしていた。このようなENSOの遷移が夏季東アジアにおける大気の川の活動に与える影響は、赤道太平洋上のウォーカー循環に対応した熱帯対流加熱分布の変調による夏季の遠隔影響の結果であると理解することができる。

キーワード：エルニーニョ南方振動、大気の川、北太平洋高気圧、インド洋キャパシタ効果
Keywords: ENSO, Atmospheric river, North Pacific High, Indian Ocean capacitor effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本の局所的な豪雨事例に対する熱帯太平洋の海面水温の影響
Impact of tropical Pacific sea surface temperature on the regional heavy rainfall events in Japan

*今田 由紀子[1]、川瀬 宏明[1]、渡部 雅浩[2]、高薮 出[1]
*Yukiko Imada[1], Hiroaki Kawase[1], Masahiro Watanabe[2], Izuru Takayabu[1]

1. 気象庁気象研究所、2. 東京大学大気海洋研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

To detect the impact of global-scale climate on regional extreme events is challenging especially for disastrous regional heavy rainfall events which are often strongly affected by local topography. Observed records are too short to obtain significant concurrent signals. General circulation models (GCMs) can represent background large-scale circulations causing regional heavy rainfall but cannot resolve the topography. On the other hand, high-resolution regional climate model can resolve orographic rainfall but cannot provide the information of key processes in larger-scale circulation. Here, we prepared a large-ensemble pair of GCM and nonhydrostatic regional model simulations covering 6800-year samples. It enables us to access local rainfall event directly and investigate cause-to-effect pathway to explain the impact of global scale climate. As an example, we cite 2-type heavy rainfall events around precipitous terrains in Japan: western Kyushu type and eastern Kyushu type. The western Kyushu type related to moisture transport is attributed to the development of the Pacific subtropical High which is often forced by an El Nino event during previous winter. On the other hand, the eastern Kyushu type is attributed to TC approach which correlates to the central Pacific El Ninos. Through this new flamework with large-ensemble pairs of global and regional simulations, we can verify various influence pathways of large-scale climate to specific regional extreme events.

キーワード：豪雨、大気大循環モデル、領域気候モデル
Keywords: Heavy rainfall, Atomospheric general circulation model, Regional climate model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北太平洋海面水温変動によるENSOの駆動とそのメカニズム
The North Pacific pacemaker effect on historical ENSO and its mechanisms

*小坂 優[1]、Dillon Amaya[2]、Wenyu Zhou[2]、Yu Zhang[2]、Shang-Ping Xie[2]、Arthur Miller[2]
*Yu Kosaka[1], Dillon J. Amaya[2], Wenyu Zhou[2], Yu Zhang[2], Shang-Ping Xie[2], Arthur J. Miller[2]

1. 東京大学先端科学技術研究センター、2. カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所
1. Research Center for Advanced Science and Technology, University of Tokyo, 2. Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego

Recent studies have indicated that North Pacific sea surface temperature (SST) variability can significantly modulate the evolution of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), but there has been little effort to put these extratropical-tropical interactions into the context of historical ENSO events. To quantify the role of the North Pacific in pacing the timing and magnitude of observed ENSO events, we use a fully-coupled climate model to produce the first ensemble of North Pacific Ocean-Global Atmosphere (nPOGA) SST pacemaker simulations. In nPOGA, SST anomalies in the North Pacific (>15˚N) are restored back to observations, but are free to evolve throughout the rest of the globe. We find that North Pacific SST variability has significantly influenced the observed trajectory of historical ENSO, accounting for approximately 15% of the total variance in boreal fall and winter. The interaction between the North and tropical Pacific is the result of two physical pathways: 1. A Wind-Evaporation-SST propagating mechanism in boreal spring, and 2. A convective response associated with the Seasonal Footprinting Mechanism in boreal fall. The latter accounts for 25% of the observed zonal wind variability around the equatorial dateline. On an event-by-event basis, nPOGA most closely reproduces the 2014-2015 and the 2015-2016 El Niño events. In particular, we show that the 2015 Pacific Meridional Mode event increased wind forcing along the equator by 20%, potentially contributing to the extreme nature of the 2015-2016 El Niño. Our results illustrate the significant role of extratropical noise in pacing the initiation and magnitude of ENSO events and may improve the predictability of ENSO on seasonal timescales.

キーワード：太平洋南北モード、ENSO、ペースメーカー実験
Keywords: Pacific Meridional Mode, ENSO, Pacemaker experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

赤道付近におけるDry Intrusionの検出とDry IntrusionとMJOとの関係

Detection of the dry intrusions from the mid-latitudes to the Equator and their association with MJO

*柳澤 彩紀[1]、谷田貝 亜紀代[1]
*Saki Yanagisawa[1], Akiyo Yatagai[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Hirosaki Univercity

非常に乾燥した空気塊が熱帯へと侵入する現象をDry intrusionといい、この現象は積雲対流活動に影響する。しかしながら、ラージスケールでのその現象の特徴は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、長期再解析データ（ERA-Interim）を用いて赤道付近におけるDry intrusionの検出を行い、その出現とMJOとの関係を明らかにすることを目的とする。

始めに、1988年から2016年のERA-Interimの可降水量を日平均して図化し、以下の条件に基づいて経度20˚毎に記録した。1) 10˚S-10˚Nの領域に侵入し、約2日から10日持続すること。2) 可降水量40 mm以下の部分で三日月型を形成すること。3) 可降水量30 mm以下の領域を含むこと。4) 全体が2000 km^2に収まること。

上記の10593日間で、Dry intrusionは全球で計1118回（年平均で40回）検出され、北半球（388回）より南半球（730回）で多く検出された。また，両半球共に今回検出されたDry intrusionの約9割がインド洋から赤道西太平洋にかけた領域で出現しており、夏半球で出現回数は少なく，冬半球の出現回数は多かった。上記の検出条件により、熱帯低気圧に伴って出現したDry intrusionがいくつか数えられ、全件数の8%に及んだ。

Dry intrusionの出現が多かったインド洋、海大陸、赤道西太平洋について、Dry intrusionが検出された日の700 hPaと850 hPaの東西風の場を合成した。結果として、インド洋と赤道西太平洋ではDry intrusionが発生する領域で強い西風が吹き、海大陸ではDry intrusionが発生した領域の西側で西風が強かった。このような西風の場はMJOの東進時にも発生し、西風バーストと呼ばれている。Dry intrusionが海大陸や赤道西太平洋で起きるとき、赤道西太平洋域で西風バーストが吹いていた。そのため、MJOによる対流活動と乾燥空気の侵入に関係があるかもしれないと考えられる。全期間を通して赤道西太平洋で起きたDry intrusionのうち同じ地域でMJOの対流活動が活発であったのは25.2%、また14.8%は同じ地域ではあったがMJOが活発ではなかった。残り60.0%はMJOが他の地域で活発、または不活発なときにDry intrusionがインド洋で起きていた。このパーセンテージをDry intrusionがインド洋と海大陸で起きた場合について同様に解析したところ、西太平洋で起きたDry intrusionの場合よりも低かった。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

フィリピン海における大気海洋変動とエルニーニョ変調の関係
Relationship between oceanic and atmospheric variations in the Philippine Sea and modulation of El Nino events

*長谷川 拓也[1]、永野 憲[2]、植木 巌[2]、安藤 健太郎[2]
*Takuya Hasegawa[1], Akira Nagano[2], Iwao Ueki[2], Kentaro Ando[2]

1. 東北大学、2. 海洋研究開発機構
1. Tohoku University, 2. JAMSTEC

El Nino理論の一つであるWestern Pacific Oscillator (WPO) モデルの特徴の一つに、エルニーニョ最盛期以後に西部熱帯太平洋（フィリピン海周辺海域）において高気圧偏差が卓越する点が挙げられる。この特徴に着目して、エルニーニョ発生後の冬季(1-3 月)に平均されたフィリピン海の高気圧偏差の時系列を作成した。その結果、eastern-Pacific(EP)-El Nino (1982/83, 1986/87, 1991/92, 1997/98 年)では、 WPO モデルの特徴と一致して、海面気圧は強い正偏差を示す。一方、central-Pacific (CP)-El Nino (1994/95, 2002/03, 2004/05、2006/07、2009/10 年)では、高気圧偏差の値が弱い。次に、海面気圧と海上風の水平分布を調べるために、EP-El Nino 及び CP-El Nino の各イベント毎に、エルニーニョ発生後の冬季において海面気圧偏差と海上風偏差の平均図を作成した。その結果、EP-El Nino では先の結果と一致して、フィリピン海周辺において正の海面気圧偏差が出現し、それに対応する高気圧性の海上風循環場が見られた。この高気圧性循環場の南部(5N 付近)では、東風偏差となっており、赤道太平洋の暖水を減少さ せる極向きのエクマン輸送が導かれる。これは WPOモデルから期待されるように、現在のエルニーニョを終焉させ次のラニーニャを導く cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい状況であることを示唆する。さらに、海面高度 偏差の合成図解析を行った結果、EP-El Nino では cold 赤道ケルビン波の発生に好ましい大きな負の海面高度偏差が西部赤道太平洋に分布していた。一方、CP-El Nino では、高気圧性偏差が非常に弱く、海上風は明瞭な高気 圧性の循環場を形成しておらず、西部赤道太平洋には大 きな負の海面高度偏差は見られない。これらの結果から、CP-El Nino では、WPOモデルの特徴が弱く、この WPOモデルが効果的に機能していないことが示唆される。

[謝辞] 本研究は、JSPS科研費・基盤研究(C)・17K05660の助成を受けたものです。

キーワード：エルニーニョ、フィリピン海、western Pacific Oscillator model
Keywords: El Nino, Philippine Sea, western Pacific Oscillator model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯太平洋からの海洋波動の伝播がニンガルー・ニーニョ現象の非対称性に与える影響について

Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Nino/Nina

*楠 秀大[1]、木戸 晶一郎[1]、東塚 知己[1]
*Hidehiro Kusunoki[1], Shoichiro Kido[1], Tomoki Tozuka[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Ningaloo Nino (Nina) is a climate mode associated with anomalously warm (cool) sea surface temperature (SST) off the Western Australian coast. Considering its large impacts on the local marine ecosystem and precipitation, better understanding of its mechanism and predictability is desirable. Existing studies suggest that both local air-sea interaction and remote forcing contribute to generation and amplification of the Ningaloo Nino/Nina. The latter forcing includes the atmospheric teleconnection and oceanic wave propagation through the Indonesian archipelago, mainly associated with the El Nino/Southern Oscillation (ENSO). One of the important characteristics of Ningaloo Nino/Nina is its asymmetry; the Ningaloo Nino is stronger than the Ningaloo Nina. This suggests the presence of some asymmetry in these processes. However, no studies to date focused on this topic.

Using a regional ocean modeling system (ROMS), the contribution of oceanic wave propagation to the amplitude and asymmetry of SST anomalies associated with the Ningaloo Nino/Nina is investigated. For these purposes, a sensitivity experiment in which oceanic lateral boundary conditions are replaced by the monthly climatology is conducted. The results suggest that downwelling (upwelling) Kelvin waves from the western tropical Pacific associated with La Nina (El Nino) that often co-occur with Ningaloo Nino (Nina) are stronger (weaker) and contribute to the asymmetry.

キーワード：ニンガルー・ニーニョ現象、領域海洋モデル、エルニーニョ・南方振動、沿岸ケルビン波
Keywords: Ningaloo Nino, Regional ocean modeling system, El Nino/Southern Oscillation, coastal Kelvin wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

インド洋海洋表層季節波動のライフサイクルの解析：熱帯中緯度連続解析によるエネルギー循環

The life-cycle of annual waves in the Indian Ocean as identified by a seamless diagnosis for the energy flux

*李 梓萌[1]、相木 秀則[2]
*Zimeng Li[1], Hidenori Aiki[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Graduate school of environmental studies, Nagoya university, 2. Institute for space-earth environmental research, Nagoya university

総観規模の大気海洋波動によるエネルギー伝達経路を世界地図上に初めて同定することは気候学的にも地球流体力学的にも意義のある課題であるが、従来の診断スキームでは熱帯と中緯度を連続して取り扱うことができなかったために未解決であった。最近の理論研究により、すべての緯度帯についてシームレスな診断スキームが開発され、さらにこれは重力波と惑星波が混在する状況でも群速度ベクトルの分布を同定できるという利点がある。本研究では、この新しいスキームを用いて、インド洋海洋表層の季節波動のライフサイクルについての初めての解析を行った。まず第１、２、３傾圧各モードの浅水モデルに、月別気候値の風外力をそれぞれ与えて２０年間の積分を行った。各実験結果に対して、新しい診断スキームを１年平均フィルータに基づいて適用し、赤道ケルビン波による東向きのエネルギーフラックスの分布を解析したところ、特に第2傾圧モードについては熱帯インド洋の全経度にシグナルが現れるのに対して、第１傾圧モードでは海盆西側、第３傾圧モードでは海盆東側に分布していた。次に、３ヶ月移動平均に用いて新しい診断スキームを適用して、エネルギーフラックスのゆっくりとした時間変化を考察したところ、モンスーン風によって赤道東西流の向きが変わるときに、ケルビン波のシグナルが最高潮に達し、これが年に４回起きていることがわかった。最後に、赤道と中緯度をまたぐエネルギー循環について考察した。インド洋の東岸に入射した赤道ケルビン波のシグナルは、ベンガル湾とオーストラリアの海岸に沿って両極方向に分岐した後に中緯度ロスビー波を放射して、各半球で海盆規模の低気圧性のエネルギー循環を形成する。インド洋の西岸の近くでは、ソマリジェットと東アフリカ沿岸流それぞれの季節変動によって、アフリカ沿岸に沿って赤道向きのエネルギーフラックスを生じて、各半球で局所的な低気圧性エネルギー循環を形成することがわかった。本研究において初めて同定した季節波動による気候値的なエネルギー循環像は、将来的にインド洋ダイポールモードのような経年変動現象にともなう大気海洋波動の役割を考察するにあたり、熱帯中緯度相互作用をより深く理解するための基盤として位置づけられる。

キーワード：熱帯中緯度相互作用、季節変動解析、波動エネルギー循環
Keywords: tropical-extratropical interactions, seasonal variations analysis, wave energy circulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_2

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響
Long-term warming effect on heterotrophic respiration in a beech forest on Mount Naeba

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1]
*Munemasa Teramoto[1], Naishen Liang[1], Masaaki Naramoto[2], Jiye Zeng[1], Zhao Xin[1], Hajime Tomimastu[1]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 静岡大学農学部
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University

Soil respiration is the second largest carbon flux in terrestrial ecosystems and the global soil respiration is estimated to be 98 GtC yr^{-1}. Soil respiration consists of root respiration and heterotrophic respiration (R_h), and R_h contributes more than half of the soil respiration. It is commonly observed that R_h exponentially increases with temperature. Therefore, a small increase of temperature can result in a remarkable enhancement of R_h, indicating that it is an important positive feedback factor to accelerate global warming under a warmer environment. However, the long-term warming effect on R_h is not well understood especially in the humid Asian monsoon region.

To examine the long-term response of R_h to global warming in Asian monsoon forests, we set a multi-channel automated chamber measurement system in a beech forest on Mount Naeba in July 2007. We prepared 10 trenched chambers (90 cm ×90 cm ×50 cm) to continuously measure R_h. Half of those trenched chambers were artificially warmed by infrared heaters 1.6 m above the soil surface (+2.5ºC), and the influence of soil warming on R_h was examined by comparing control plots and warming plots. Measurements were conducted mainly during growing season from June to October.

Even though there was a large inter-annual variation, enhancement of R_h by soil warming was confirmed in all 8 years measurements. Soil temperature was the primary factor for the seasonal variation of R_h. The influence of soil moisture on seasonal variation of R_h was relatively small.

キーワード：土壌有機炭素、地球温暖化、微生物呼吸、チャンバー、アジアモンスーン
Keywords: soil organic carbon, global warming, heterotrophic respiration, chamber, Asian monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

Simple approach to predict flowering and full blooming dates by bi-directional Self Organizing Maps

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3]
*Shin Nagai[1], Hiroshi Morimoto[2], Taku M Saitoh[3]

1. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 名古屋大学、3. 岐阜大学流域圏科学研究センター
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Nagoya University, 3. River Basin Research Center, Gifu University

Accurate prediction of blooming phenology is important to evaluate spatio-temporal variability of ecosystem functions and services, and biodiversity under climate change. The process-based phenology models have been developed but they require suitable parameters to account for endodormancy and ecodormancy processes for each species. Our eco-physiological interpretation and observations of these processes are not still enough for various species. Here, we proposed a simple blooming phenology model by the bi-directional Self Organizing Maps (SOM). SOM, which is one of the data mining approaches, is a tool for categorizing patterns in n-dimensional observation data by forming a 2 dimensional lattice (https://clarkdatalabs.github.io/soms/SOM_NBA). The flowering and full blooming dates from 1953 to 2018 in 42 sites, Japan were predicted by the bi-directional SOM. We inputted daily mean air temperature during ecodormancy period (mainly from February to just before the flowering date) into input vectors and observed flowering or full blooming dates into a target vector. The mean absolute errors between predicted and observed flowering and full blooming dates were 2.78 to 4.33 days and 2.77 to 4.76 days, respectively. Compared with the process-based phenology model approach, our proposed approach have a little higher error. However, our approach has a merit that flowering and full blooming dates can be predicted with the very low cost of calculation without accounting for the endodormancy and ecodormancy processes. In this presentation, we show the latest result and discuss usability, uncertainty, and outlook of our proposed method.

キーワード：植物季節、自己組織化マップ、気候変動
Keywords: phenology, Self Organizing Maps, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

Effects of undergrowth mowing on understory carbon balance in a deciduous broadleaf forest of an urban park in central Japan

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3]
Guochao Wang[2], *Tomotsugu Yazaki[1], Toshio Kume[1], Takamitsu Kai[3]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科、3. 明治大学農場
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 3. Kurokawa Field Science Center, Meiji University

関東平野の平地林は1950年代まで農用林、薪炭林として利用され、農業生産や農家の生活に必要な資材を提供したが、東京都は1980年代から丘陵地公園において雑木林の景観や生物多様性の保全を意識した植生管理が行われた。一方で、都市緑地は京都議定書において都市部におけるほぼ唯一炭素吸収源として位置付けられており、植生管理が都市緑地の炭素収支に及ぼす影響の評価は重要であるが、また未解明な点が多い。将来、生物多様性や景観の保全をしながら、炭素放出の削減が可能な都市緑地の管理を目指しており、そのため、まず下草刈りが都市公園における炭素収支に及ぼす影響を評価した。

キーワード：下層植生管理、炭素収支、バイオマス、土壌呼吸、土壌炭素
Keywords: understory vegetation management, carbon balance, biomass, soil respiration, soil carbon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan

*KANOKRAT BUAREAL[1], Tomomichi Kato[2], Keisuke Ono[3]

1. Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan

The terrestrial ecosystem is the main sink of carbon storage through plant photosynthesis which can be expressed as gross primary productivity (GPP). Accurate tracking of photosynthesis in the ecosystem level is essential because it is involved in global carbon cycling and the carbon balance between land and atmosphere. Recently, Solar-Induced Chlorophyll fluorescence (SIF) has been used for tracking changes in plant photosynthesis at the global scale by satellite. However, the coarser spatial-temporal scale by satellite needs to be validated by performing a ground-based SIF assessment to better understand the dynamics of CO2 uptake by plants. The high-resolution spectrum for SIF detection was measured at the Mase eddy flux site (36.05˚N, 140.03˚E, 11 m ASL.) in Tsukuba, Japan. The study area is a rice paddy field (*Oryza sativa* L.; cultivar Koshihikari), which is a main Asia crop type. Transplanting seedlings and harvesting crop were processed in early-May and mid-September, respectively. The spectrum was measured from April to December in 2018 using five spectroradiometers; FLAME, HR4000 x 2, QE Pro x 2 (Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) with 0.11-1.08 nm of the full-width at half maximum (FWHM). For recording the irradiance with 5 minutes interval time, the spectroradiometers were connected via fiber switches (FSM1x8, Piezosystem Jena GmbH, Jena, Germany, and MOL-1x8-600-H, LEONI Fiber Optics GmbH, Föritztal, Germany) to three optical fiber cables: the first one was set looking downward at a viewing zenith angle of 45˚ as bare fiber (field of view (FOV) of 25˚, cable length of 15m), the second one was vertically set looking downward with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 15m), and the third one was vertically set looking upward to the sky with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 6m). The SIF was calculated by multispectral methods derived from the Fraunhofer Line Depth (FLD) principle 2FLD, 3FLD, iFLD and Spectral Fitting Method (SFM). In this study, the preliminary results of SIF detection are shown together with other conventional vegetation indices such as the normalized difference vegetation index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) for evaluating their relationship and finally verifying the SIF to be a promising proxy of photosynthesis tracking in the paddy field ecosystem.

Keywords: Ground-based SIF measurement, Fraunhofer Line Depth, Gross primary productivity, Photosynthesis, Spectroradiometers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2]
*Tomomichi Kato[1], Kazuki Mizuno[2]

1. 北海道大学農学研究院、2. 北海道大学農学院
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence (SIF) has been used to estimate the ecosystem photosynthesis (GPP) recently by Satellite remote sensing and by ground observations. The advantage of use of SIF is to be able to detect the photosynthetic activity on multiple scales. To examine the potential relationship in the anomalies between SIF and environmental factors including the VI, we investigated them from the currently available satellite monthly data from GOME-2 on 0.5o (Joiner et al., 2009) and other observation-based datasets including the inversion biosphere carbon uptake estimated by CarbonTracker, the ground surface CO2 concentration by GOSAT, the CRU climatology from UEA, and multiple climatic teleconnection indices (NiNO3, PDO, NAO etc.) for 10 years from 2007 to 2016.

The SIF and biosphere land carbon uptake by Carbon Tracker 2016 has a strong negative correlationship in Australia and Middle of North America, especially in summer (JJA) in grass, shrub and rangeland. High correlation between SIF and CO2 concentration showed seasonal change. This suggests that the photosynthesis in drier and less productive ecosystems showed directly positive reactions to leaf biomass change increase probably due to simple canopy structure.

Summer SIF anomaly showed relatively high correlation coefficients to the anomalies in temperature, diurnal temperature range, potential evapotranspiration, cloudiness and precipitation depending on region. SIF anomaly also responses strongly to NiNO3 and other teleconnections in Africa, Australia, East and Central Asia, and North America. Land Cover specific analysis shows that cloudiness has negative relationship to the sensitivity of anomalies in SIF to that in cloudiness and precipitation slopes except for desert. Precipitation does not show clear relationship. Temperature shows positive response to sensitivity to cloudiness and precipitation, and negative one to that to temperature.

キーワード：リモートセンシング、炭素動態
Keywords: Remote sensing, Carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定
Estimation of terrestrial carbon cycle in Asia using a machine learning and satellite data

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4]
*Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[2], Yusuke hayashi[1], Zhiyan Liu[1], Masahito Ueyama[3], Yuji Kominami[4]

1. 千葉大学、2. 千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3. 大阪府立大学、4. 国立研究法人　森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 3. Osaka Prefecture University, 4. Forest Research and Management Organization

陸域生態系の炭素循環において, 植物の純一次生産量(Gross Primary Productivity; GPP)と生態系呼吸量(Ecosystem Respiration; RE)は重要な役割を担っている. これらの広域推定については、近年, 地上観測ネットワークの拡大, 衛星観測データの充実，機械学習の発達などにより, これら観測データを用いた機械学習による経験的な広域推定が多く行われるようになった[Yang et al. 2007; Jung et al. 2011; Kondo et al., 2015]. アジア地域においては，JapanFluxを始めとする種々のネットワークデータを統合し，サポートベクタ回帰を用いた広域推定が行われ, 推定結果の公開もされている[Ichii et al., 2017].

これら広域推定に広く用いられている衛星データはTerra, Aqua衛星搭載のMODISセンサプロダクトである. これまでの研究の多くで利用されてきたMODISデータセットは古いバージョンのCollection 5　(C5)であった。MODIS C5データはセンサ感度の経年変動を十分に補正できておらず、新たなバージョンCollection 6 (C6)によって改善された [Wang et al., 2012]. これまでの機械学習による広域推定の研究では主にC5データが使われており、C6データに更新した際の推定結果に及ぼす影響の評価には至っていない.

そこで本研究では、アジア域を対象にして、機械学習によるCO2フラックス広域推定において、MODISデータのバージョンアップ(C5からC6へ)を行い、推定されるCO2フラックスがどの程度変わり得るかを評価した。入力パラメータや推定アルゴリズムについては、既存研究[Ichii et al., 2017]をベースにし、MODISデータのバージョンアップのみを行うことでMODISデータのバージョンアップによる影響を観測サイトレベル・広域スケールの両面から評価した. アジアにおける54観測サイトについて、機械学習のトレーニング・テストに用いるMODISデータをC6に更新した。さらに、アジア広域におけるMODISデータセットもC6に更新した。モデルへの入力変数とした衛星データには, 植物の作用に影響を与える地表面温度や, 植生の密度を表す葉面積指数, 植生指数, 水指数などが含まれる.　出力変数として、GPPとNEE　(Net Ecosystem Exchange; RE－GPP) を推定した.

地上観測サイトでの解析では, C5, C6を使用して作成した推定モデル(GPP, NEE)の結果に大きな違いはなかった. しかし, 植生タイプ別や地上観測サイト単位で解析すると,　いくつかの植生タイプでC5とC6のモデル結果に違いを確認した. 次に, アジア広域での解析では, GPPの空間分布についてC5とC6の結果を比較すると, 両者類似していたが, 東南アジアなどの一部地域では傾向が異なった.さらに, 2000年から2015年のアジア広域でのGPPの長期的な変動の違いを比較すると, C6の方がC5による推定結果よりも増加傾向が高かった. 今後はどちらのGPPやNEEの経年変動推定結果が正しいかを, 他のモデルやデータセットを使用して解明する予定である.

謝辞: 本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（2-1701）により実施された

引用文献:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ichii et al. (2017) JGR-Biogeosciences, 122, 767–795.

Jung et al. (2011) JGR-Biogeosciences, 116, G00J07.

Kondo et al. (2015) JGR-Biogeosciences, 120, 1226–1245.

Yang et al. (2007) Remote Sens. Environ., 110, 109-122.

Wang et al. (2012) Remote Sens. Environ., 119, 55–61.

キーワード：炭素循環、陸域生態系、機械学習
Keywords: carbon cycle, terrestrial ecosystem, machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較
Estimation of global solar-induced chlorophyll fluorescence (SIF) by terrestrial ecosystem model VISIT and comparison with SIF observed by GOSAT

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1]
*Tatsuya Miyauchi[1], Makoto Saito[1], Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Akihiko Ito[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測衛星GOSATにより太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence: SIF）が観測可能であることが報告されて以来、SIFと総一次生産（GPP）との強い相関関係に基づいたGPP推定や陸域生態系モデルの予測精度向上に関する研究が多く行われている。2018年には温室効果ガス観測衛星GOSAT-2の打ち上げが成功し、SIFのプロダクトも公開予定である。本研究では、SIFデータを用いて陸域生態系モデルVISITのGPP予測精度を向上させるために、まずVISITへSIF計算プロセスを実装した。SIFはVISIT内で計算される樹冠で吸収される光合成有効放射と電子伝達速度から光合成、熱放散、蛍光の生化学反応に基づいてエネルギー配分を計算して求めた。また、GOSATの観測したSIFと比較可能にするために、群落放射伝達モデルを用いて衛星の観測方向のSIFへの変換を行った。本発表では、実装したSIF計算のモデル内の変数と生化学プロセスの関係、観測方向のSIFへの変換のための放射伝達モデルの適用方法について詳しく述べ、VISITで計算したSIFとGOSATが観測したSIFの比較結果も示す。

キーワード：太陽光励起クロロフィル蛍光、陸域生態系モデル、GOSAT、総一次生産 、炭素循環
Keywords: Solar-induced chlorophyll fluorescence, Terrestrial ecosystem model, GOSAT, GPP, Carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用
Automatic vegetation identification in the satellite image using a convolutional neural network

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3]
*Watanabe Shuntaro[1], Kazuaki Sumi[2], Takeshi Ise[1,3]

1. 京都大学・フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学・院・農、3. JST さきがけ
1. Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, 3. PRESTO, Japan Science and Technology Agency

画像に基づく生物種の自動同定技術は、種同定や分布把握に要する労力を削減することで、高い時空間解像度での分布や個体数のマッピングを実現させうる有望な技術になる期待されている。特に近年、画像の特徴抽出と分類を深層学習の枠組みの中で自動的に最適化する畳み込みニューラルネットワーク（CNN）の技術が画像分類などで大きな成果をあげており、生態学への応用も進みつつある。しかし、CNNは衛星画像中の植生識別にはまだあまり応用されていない。その原因として①衛星画像中の植物群落の形状の不安定性　②学習に必要となる大量の教師画像を取得の困難　の２点があげられる。筆者らはこの困難を克服するため、教師画像を細切れに分割し、小画像の単位で識別を行う方法（Ise et al., 2018）を考案した。

本研究ではこの手法を衛星画像に適用し、植物群落の識別を試みた事例を紹介する。最初に、竹林の特定を念頭においた２クラス分類モデルをCNNにより開発した。山口県山陽小野田市、京都府井手町、千葉県いすみ市周辺を対象地域とし、google earth から取得した1/500、1/1000、1/2500の３種類の縮尺の画像を56ピクセルの大きさに分割し、竹林とそれ以外のオブジェクトを識別した。識別後、混合行列を用いて正答率を判定した。縮尺は1/500、1/1000 の大きさでは9 割以上の正答率であったが、1/2500 では正答率が6割程度まで低下した。また、教師画像は同じ自治体内の竹林画像で作成した際は9 割以上の正答率であったが、他の自治体の竹林画像を教師画像とした際は識別率が7割程度まで低下した。これらのことからCNNはgoogle earth画像から竹林を高い精度で識別することが可能だが、その精度は画像の縮尺と教師画像の内容に大きく依存することが示唆された。

次に開発した識別モデルを複数の植生の識別を念頭においた多クラス分類モデル（竹林、広葉樹林、スギ・ヒノキ人工林を識別するモデル）に拡張した。
京都府井手町周辺の約50平方キロの範囲のgoogle earthの画像を元に、14層で構成されるCNNを用いて森林植生のタイプを識別するモデルを構築した。精度検証の結果、クラス分類モデルは、人工林は95%、広葉樹林は86%の精度で識別できたが、２クラス分類モデルでは約93%の精度で分類できていた竹林については83%まで精度が低下した。また、広葉樹と竹林の間で識別の間違えが頻繁に発生することも明らかになった。以上の結果は、CNNはおおむね正確に植生を識別できるが、その精度は分類クラス数が増加することによって悪化する可能性があることを示唆している。

キーワード：畳み込みニューラルネット、リモートセンシング、植生マッピング、グーグルアース
Keywords: Convolutional neural network, Remote sensing, Vegetation mapping, Google Earth imagery

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[A-CG39] 陸域生態系の物質循環

コンビーナ:加藤 知道(北海道大学農学研究院)、市井 和仁(千葉大学)、伊勢 武史(京都大学フィールド科学教育研究センター)、寺本 宗正(国立環境研究所)

陸域生態系の水・炭素・窒素を初めとする物質循環は、地球の気候に大きな影響を与えている。それらを把握するために、生物量調査、安定同位体比測定、渦相関法・チャンバー法を初めとする地上観測や、リモートセンシング、シミュレーション、メタデータ解析などの様々な手法が開発され、植物バイオマス・温室効果ガスフラックスや、森林火災・大気汚染の生態系への影響などの各種の現象を多角的にとらえる努力がなされている。
　たとえば、JapanFluxでは、微量気体（CO2やメタン）と水蒸気のフラックスに関連した観測をベースとしているが、モデラー・リモートセンシングの研究者などとの協働研究も展開している。また、統合的陸域圏研究会では、大気境界層から土壌内わたる物理的・生物的諸過程の理解に向けて、様々な分野の研究者間における情報交換や研究協力関係の構築を行ってきた。
　本セッションは、このように分野や手法を特定せず、水・炭素・窒素・その他物質の循環における陸域生態系の役割に関する研究発表を広く歓迎する。なお、本セッションは、昨年度のA-CG40（タイトル同じ）を引き継ぐものである。

[ACG39-P01] 苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1] (1.国立環境研究所地球環境研究センター、2.静岡大学農学部)

[ACG39-P02] 双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3] (1.海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2.名古屋大学、3.岐阜大学流域圏科学研究センター)

[ACG39-P03] 都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3] (1.明治大学農学部、2.明治大学大学院農学研究科、3.明治大学農場)

[ACG39-P04] **Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan**

*KANOKRAT BUAREAL[1]、Tomomichi Kato[2]、Keisuke Ono[3] (1.Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan、2.Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan、3.National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan)

[ACG39-P05] Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2] (1.北海道大学農学研究院、2.北海道大学農学院)

[ACG39-P06] 衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4] (1.千葉大学、2.千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3.大阪府立大学、4.国立研究法人　森林研究・整備機構)

[ACG39-P07] 陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1] (1.国立研究開発法人国立環境研究所)

[ACG39-P08] 畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3] (1.京都大学・フィールド科学教育研究センター、2.京都大学・院・農、3.JST さきがけ)

苗場山ブナ林における微生物呼吸に対する長期的な温暖化の影響
Long-term warming effect on heterotrophic respiration in a beech forest on Mount Naeba

*寺本 宗正[1]、梁 乃申[1]、楢本 正明[2]、曾 継業[1]、趙 昕[1]、冨松 元[1]
*Munemasa Teramoto[1], Naishen Liang[1], Masaaki Naramoto[2], Jiye Zeng[1], Zhao Xin[1], Hajime Tomimastu[1]

1. 国立環境研究所地球環境研究センター、2. 静岡大学農学部
1. Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 2. Faculty of Agriculture, Shizuoka University

Soil respiration is the second largest carbon flux in terrestrial ecosystems and the global soil respiration is estimated to be 98 GtC yr^{-1}. Soil respiration consists of root respiration and heterotrophic respiration (R_h), and R_h contributes more than half of the soil respiration. It is commonly observed that R_h exponentially increases with temperature. Therefore, a small increase of temperature can result in a remarkable enhancement of R_h, indicating that it is an important positive feedback factor to accelerate global warming under a warmer environment. However, the long-term warming effect on R_h is not well understood especially in the humid Asian monsoon region.

To examine the long-term response of R_h to global warming in Asian monsoon forests, we set a multi-channel automated chamber measurement system in a beech forest on Mount Naeba in July 2007. We prepared 10 trenched chambers (90 cm ×90 cm ×50 cm) to continuously measure R_h. Half of those trenched chambers were artificially warmed by infrared heaters 1.6 m above the soil surface (+2.5ºC), and the influence of soil warming on R_h was examined by comparing control plots and warming plots. Measurements were conducted mainly during growing season from June to October.

Even though there was a large inter-annual variation, enhancement of R_h by soil warming was confirmed in all 8 years measurements. Soil temperature was the primary factor for the seasonal variation of R_h. The influence of soil moisture on seasonal variation of R_h was relatively small.

キーワード：土壌有機炭素、地球温暖化、微生物呼吸、チャンバー、アジアモンスーン
Keywords: soil organic carbon, global warming, heterotrophic respiration, chamber, Asian monsoon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

双方向性自己組織化マップを用いたシンプルな開花日と満開日の予測方法

Simple approach to predict flowering and full blooming dates by bi-directional Self Organizing Maps

*永井 信[1]、森本 宏[2]、斎藤 琢[3]
*Shin Nagai[1], Hiroshi Morimoto[2], Taku M Saitoh[3]

1. 海洋研究開発機構地球環境観測研究開発センター、2. 名古屋大学、3. 岐阜大学流域圏科学研究センター
1. Research and Development Center for Global Change, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Nagoya University, 3. River Basin Research Center, Gifu University

Accurate prediction of blooming phenology is important to evaluate spatio-temporal variability of ecosystem functions and services, and biodiversity under climate change. The process-based phenology models have been developed but they require suitable parameters to account for endodormancy and ecodormancy processes for each species. Our eco-physiological interpretation and observations of these processes are not still enough for various species. Here, we proposed a simple blooming phenology model by the bi-directional Self Organizing Maps (SOM). SOM, which is one of the data mining approaches, is a tool for categorizing patterns in n-dimensional observation data by forming a 2 dimensional lattice (https://clarkdatalabs.github.io/soms/SOM_NBA). The flowering and full blooming dates from 1953 to 2018 in 42 sites, Japan were predicted by the bi-directional SOM. We inputted daily mean air temperature during ecodormancy period (mainly from February to just before the flowering date) into input vectors and observed flowering or full blooming dates into a target vector. The mean absolute errors between predicted and observed flowering and full blooming dates were 2.78 to 4.33 days and 2.77 to 4.76 days, respectively. Compared with the process-based phenology model approach, our proposed approach have a little higher error. However, our approach has a merit that flowering and full blooming dates can be predicted with the very low cost of calculation without accounting for the endodormancy and ecodormancy processes. In this presentation, we show the latest result and discuss usability, uncertainty, and outlook of our proposed method.

キーワード：植物季節、自己組織化マップ、気候変動
Keywords: phenology, Self Organizing Maps, climate change

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

都市公園緑地の落葉広葉樹林における下草刈りが林床炭素収支に及ぼす影響

Effects of undergrowth mowing on understory carbon balance in a deciduous broadleaf forest of an urban park in central Japan

王 郭超[2]、*矢崎 友嗣[1]、久米 俊郎[1]、甲斐 貴光[3]
Guochao Wang[2], *Tomotsugu Yazaki[1], Toshio Kume[1], Takamitsu Kai[3]

1. 明治大学農学部、2. 明治大学大学院農学研究科、3. 明治大学農場
1. School of Agriculture, Meiji University, 2. Graduate School of Agriculture, Meiji University, 3. Kurokawa Field Science Center, Meiji University

関東平野の平地林は1950年代まで農用林、薪炭林として利用され、農業生産や農家の生活に必要な資材を提供したが、東京都は1980年代から丘陵地公園において雑木林の景観や生物多様性の保全を意識した植生管理が行われた。一方で、都市緑地は京都議定書において都市部におけるほぼ唯一炭素吸収源として位置付けられており、植生管理が都市緑地の炭素収支に及ぼす影響の評価は重要であるが、また未解明な点が多い。将来、生物多様性や景観の保全をしながら、炭素放出の削減が可能な都市緑地の管理を目指しており、そのため、まず下草刈りが都市公園における炭素収支に及ぼす影響を評価した。

キーワード：下層植生管理、炭素収支、バイオマス、土壌呼吸、土壌炭素
Keywords: understory vegetation management, carbon balance, biomass, soil respiration, soil carbon

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Solar-induced chlorophyll fluorescence for detecting ecosystem photosynthetic activity by high-resolution spectrum measurement in a paddy field in Japan

*KANOKRAT BUAREAL[1], Tomomichi Kato[2], Keisuke Ono[3]

1. Graduate School of Global Food Resources, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 2. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan, 3. National Institute for Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan

The terrestrial ecosystem is the main sink of carbon storage through plant photosynthesis which can be expressed as gross primary productivity (GPP). Accurate tracking of photosynthesis in the ecosystem level is essential because it is involved in global carbon cycling and the carbon balance between land and atmosphere. Recently, Solar-Induced Chlorophyll fluorescence (SIF) has been used for tracking changes in plant photosynthesis at the global scale by satellite. However, the coarser spatial-temporal scale by satellite needs to be validated by performing a ground-based SIF assessment to better understand the dynamics of CO2 uptake by plants. The high-resolution spectrum for SIF detection was measured at the Mase eddy flux site (36.05˚N, 140.03˚E, 11 m ASL.) in Tsukuba, Japan. The study area is a rice paddy field (*Oryza sativa* L.; cultivar Koshihikari), which is a main Asia crop type. Transplanting seedlings and harvesting crop were processed in early-May and mid-September, respectively. The spectrum was measured from April to December in 2018 using five spectroradiometers; FLAME, HR4000 x 2, QE Pro x 2 (Ocean Optics, Dunedin, FL, USA) with 0.11-1.08 nm of the full-width at half maximum (FWHM). For recording the irradiance with 5 minutes interval time, the spectroradiometers were connected via fiber switches (FSM1x8, Piezosystem Jena GmbH, Jena, Germany, and MOL-1x8-600-H, LEONI Fiber Optics GmbH, Föritztal, Germany) to three optical fiber cables: the first one was set looking downward at a viewing zenith angle of 45˚ as bare fiber (field of view (FOV) of 25˚, cable length of 15m), the second one was vertically set looking downward with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 15m), and the third one was vertically set looking upward to the sky with cosine corrector (FOV of 180˚, cable length of 6m). The SIF was calculated by multispectral methods derived from the Fraunhofer Line Depth (FLD) principle 2FLD, 3FLD, iFLD and Spectral Fitting Method (SFM). In this study, the preliminary results of SIF detection are shown together with other conventional vegetation indices such as the normalized difference vegetation index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) for evaluating their relationship and finally verifying the SIF to be a promising proxy of photosynthesis tracking in the paddy field ecosystem.

Keywords: Ground-based SIF measurement, Fraunhofer Line Depth, Gross primary productivity, Photosynthesis, Spectroradiometers

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Environmental controls on anomalous variation in solar-induced fluorescence during the last 10 years

*加藤 知道[1]、水野 一樹[2]
*Tomomichi Kato[1], Kazuki Mizuno[2]

1. 北海道大学農学研究院、2. 北海道大学農学院
1. Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 2. Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

Solar-Induced Chlorophyll Fluorescence (SIF) has been used to estimate the ecosystem photosynthesis (GPP) recently by Satellite remote sensing and by ground observations. The advantage of use of SIF is to be able to detect the photosynthetic activity on multiple scales. To examine the potential relationship in the anomalies between SIF and environmental factors including the VI, we investigated them from the currently available satellite monthly data from GOME-2 on 0.5o (Joiner et al., 2009) and other observation-based datasets including the inversion biosphere carbon uptake estimated by CarbonTracker, the ground surface CO2 concentration by GOSAT, the CRU climatology from UEA, and multiple climatic teleconnection indices (NiNO3, PDO, NAO etc.) for 10 years from 2007 to 2016.

The SIF and biosphere land carbon uptake by Carbon Tracker 2016 has a strong negative correlationship in Australia and Middle of North America, especially in summer (JJA) in grass, shrub and rangeland. High correlation between SIF and CO2 concentration showed seasonal change. This suggests that the photosynthesis in drier and less productive ecosystems showed directly positive reactions to leaf biomass change increase probably due to simple canopy structure.

Summer SIF anomaly showed relatively high correlation coefficients to the anomalies in temperature, diurnal temperature range, potential evapotranspiration, cloudiness and precipitation depending on region. SIF anomaly also responses strongly to NiNO3 and other teleconnections in Africa, Australia, East and Central Asia, and North America. Land Cover specific analysis shows that cloudiness has negative relationship to the sensitivity of anomalies in SIF to that in cloudiness and precipitation slopes except for desert. Precipitation does not show clear relationship. Temperature shows positive response to sensitivity to cloudiness and precipitation, and negative one to that to temperature.

キーワード：リモートセンシング、炭素動態
Keywords: Remote sensing, Carbon dynamics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星データを用いた機械学習によるアジアの陸域生態系の炭素循環の推定
Estimation of terrestrial carbon cycle in Asia using a machine learning and satellite data

*川瀬 陸[1]、市井 和仁[2]、林 悠介[1]、Zhiyan Liu[1]、植山 雅仁[3]、小南 裕志[4]
*Riku Kawase[1], Kazuhito Ichii[2], Yusuke hayashi[1], Zhiyan Liu[1], Masahito Ueyama[3], Yuji Kominami[4]

1. 千葉大学、2. 千葉大学　環境リモートセンシング研究センター、3. 大阪府立大学、4. 国立研究法人　森林研究・整備機構
1. Chiba University, 2. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 3. Osaka Prefecture University, 4. Forest Research and Management Organization

陸域生態系の炭素循環において, 植物の純一次生産量(Gross Primary Productivity; GPP)と生態系呼吸量(Ecosystem Respiration; RE)は重要な役割を担っている. これらの広域推定については、近年, 地上観測ネットワークの拡大, 衛星観測データの充実，機械学習の発達などにより, これら観測データを用いた機械学習による経験的な広域推定が多く行われるようになった[Yang et al. 2007; Jung et al. 2011; Kondo et al., 2015]. アジア地域においては，JapanFluxを始めとする種々のネットワークデータを統合し，サポートベクタ回帰を用いた広域推定が行われ, 推定結果の公開もされている[Ichii et al., 2017].

これら広域推定に広く用いられている衛星データはTerra, Aqua衛星搭載のMODISセンサプロダクトである. これまでの研究の多くで利用されてきたMODISデータセットは古いバージョンのCollection 5　(C5)であった。MODIS C5データはセンサ感度の経年変動を十分に補正できておらず、新たなバージョンCollection 6 (C6)によって改善された [Wang et al., 2012]. これまでの機械学習による広域推定の研究では主にC5データが使われており、C6データに更新した際の推定結果に及ぼす影響の評価には至っていない.

そこで本研究では、アジア域を対象にして、機械学習によるCO2フラックス広域推定において、MODISデータのバージョンアップ(C5からC6へ)を行い、推定されるCO2フラックスがどの程度変わり得るかを評価した。入力パラメータや推定アルゴリズムについては、既存研究[Ichii et al., 2017]をベースにし、MODISデータのバージョンアップのみを行うことでMODISデータのバージョンアップによる影響を観測サイトレベル・広域スケールの両面から評価した. アジアにおける54観測サイトについて、機械学習のトレーニング・テストに用いるMODISデータをC6に更新した。さらに、アジア広域におけるMODISデータセットもC6に更新した。モデルへの入力変数とした衛星データには, 植物の作用に影響を与える地表面温度や, 植生の密度を表す葉面積指数, 植生指数, 水指数などが含まれる.　出力変数として、GPPとNEE　(Net Ecosystem Exchange; RE－GPP) を推定した.

地上観測サイトでの解析では, C5, C6を使用して作成した推定モデル(GPP, NEE)の結果に大きな違いはなかった. しかし, 植生タイプ別や地上観測サイト単位で解析すると,　いくつかの植生タイプでC5とC6のモデル結果に違いを確認した. 次に, アジア広域での解析では, GPPの空間分布についてC5とC6の結果を比較すると, 両者類似していたが, 東南アジアなどの一部地域では傾向が異なった.さらに, 2000年から2015年のアジア広域でのGPPの長期的な変動の違いを比較すると, C6の方がC5による推定結果よりも増加傾向が高かった. 今後はどちらのGPPやNEEの経年変動推定結果が正しいかを, 他のモデルやデータセットを使用して解明する予定である.

謝辞: 本研究は、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（2-1701）により実施された

引用文献:

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ichii et al. (2017) JGR-Biogeosciences, 122, 767–795.

Jung et al. (2011) JGR-Biogeosciences, 116, G00J07.

Kondo et al. (2015) JGR-Biogeosciences, 120, 1226–1245.

Yang et al. (2007) Remote Sens. Environ., 110, 109-122.

Wang et al. (2012) Remote Sens. Environ., 119, 55–61.

キーワード：炭素循環、陸域生態系、機械学習
Keywords: carbon cycle, terrestrial ecosystem, machine learning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

陸域生態系モデルVISITによる太陽光励起クロロフィル蛍光（SIF）の全球計算および温室効果ガス観測衛星GOSATの観測したSIFとの比較
Estimation of global solar-induced chlorophyll fluorescence (SIF) by terrestrial ecosystem model VISIT and comparison with SIF observed by GOSAT

*宮内 達也[1]、齊藤 誠[1]、野田 響[1]、吉田 幸生[1]、押尾 晴樹[1]、伊藤 昭彦[1]
*Tatsuya Miyauchi[1], Makoto Saito[1], Hibiki M Noda[1], Yukio Yoshida[1], Haruki Oshio[1], Akihiko Ito[1]

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
1. National Institute for Environmental Studies

温室効果ガス観測衛星GOSATにより太陽光励起クロロフィル蛍光（Solar-induced chlorophyll fluorescence: SIF）が観測可能であることが報告されて以来、SIFと総一次生産（GPP）との強い相関関係に基づいたGPP推定や陸域生態系モデルの予測精度向上に関する研究が多く行われている。2018年には温室効果ガス観測衛星GOSAT-2の打ち上げが成功し、SIFのプロダクトも公開予定である。本研究では、SIFデータを用いて陸域生態系モデルVISITのGPP予測精度を向上させるために、まずVISITへSIF計算プロセスを実装した。SIFはVISIT内で計算される樹冠で吸収される光合成有効放射と電子伝達速度から光合成、熱放散、蛍光の生化学反応に基づいてエネルギー配分を計算して求めた。また、GOSATの観測したSIFと比較可能にするために、群落放射伝達モデルを用いて衛星の観測方向のSIFへの変換を行った。本発表では、実装したSIF計算のモデル内の変数と生化学プロセスの関係、観測方向のSIFへの変換のための放射伝達モデルの適用方法について詳しく述べ、VISITで計算したSIFとGOSATが観測したSIFの比較結果も示す。

キーワード：太陽光励起クロロフィル蛍光、陸域生態系モデル、GOSAT、総一次生産 、炭素循環
Keywords: Solar-induced chlorophyll fluorescence, Terrestrial ecosystem model, GOSAT, GPP, Carbon cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

畳み込みニューラルネットワークによる航空写真中の植生識別とその応用
Automatic vegetation identification in the satellite image using a convolutional neural network

*渡部 俊太郎[1]、角 和暁[2]、伊勢 武史[1,3]
*Watanabe Shuntaro[1], Kazuaki Sumi[2], Takeshi Ise[1,3]

1. 京都大学・フィールド科学教育研究センター、2. 京都大学・院・農、3. JST さきがけ
1. Field Science Education and Research Center, Kyoto University, 2. Graduate School of Agriculture, Kyoto University, 3. PRESTO, Japan Science and Technology Agency

画像に基づく生物種の自動同定技術は、種同定や分布把握に要する労力を削減することで、高い時空間解像度での分布や個体数のマッピングを実現させうる有望な技術になる期待されている。特に近年、画像の特徴抽出と分類を深層学習の枠組みの中で自動的に最適化する畳み込みニューラルネットワーク（CNN）の技術が画像分類などで大きな成果をあげており、生態学への応用も進みつつある。しかし、CNNは衛星画像中の植生識別にはまだあまり応用されていない。その原因として①衛星画像中の植物群落の形状の不安定性　②学習に必要となる大量の教師画像を取得の困難　の２点があげられる。筆者らはこの困難を克服するため、教師画像を細切れに分割し、小画像の単位で識別を行う方法（Ise et al., 2018）を考案した。

本研究ではこの手法を衛星画像に適用し、植物群落の識別を試みた事例を紹介する。最初に、竹林の特定を念頭においた２クラス分類モデルをCNNにより開発した。山口県山陽小野田市、京都府井手町、千葉県いすみ市周辺を対象地域とし、google earth から取得した1/500、1/1000、1/2500の３種類の縮尺の画像を56ピクセルの大きさに分割し、竹林とそれ以外のオブジェクトを識別した。識別後、混合行列を用いて正答率を判定した。縮尺は1/500、1/1000 の大きさでは9 割以上の正答率であったが、1/2500 では正答率が6割程度まで低下した。また、教師画像は同じ自治体内の竹林画像で作成した際は9 割以上の正答率であったが、他の自治体の竹林画像を教師画像とした際は識別率が7割程度まで低下した。これらのことからCNNはgoogle earth画像から竹林を高い精度で識別することが可能だが、その精度は画像の縮尺と教師画像の内容に大きく依存することが示唆された。

次に開発した識別モデルを複数の植生の識別を念頭においた多クラス分類モデル（竹林、広葉樹林、スギ・ヒノキ人工林を識別するモデル）に拡張した。
京都府井手町周辺の約50平方キロの範囲のgoogle earthの画像を元に、14層で構成されるCNNを用いて森林植生のタイプを識別するモデルを構築した。精度検証の結果、クラス分類モデルは、人工林は95%、広葉樹林は86%の精度で識別できたが、２クラス分類モデルでは約93%の精度で分類できていた竹林については83%まで精度が低下した。また、広葉樹と竹林の間で識別の間違えが頻繁に発生することも明らかになった。以上の結果は、CNNはおおむね正確に植生を識別できるが、その精度は分類クラス数が増加することによって悪化する可能性があることを示唆している。

キーワード：畳み込みニューラルネット、リモートセンシング、植生マッピング、グーグルアース
Keywords: Convolutional neural network, Remote sensing, Vegetation mapping, Google Earth imagery

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_10

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

Submarine groundwater discharge and dissolved material fluxes quantified by radium isotopes in sandy beach, central Wakasa Bay

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1]
*Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Yuta Sumino[1], Makoto Taniguchi[2], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukui Prefectural University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is recognized as an important pathway for dissolved materials such as nutrients, carbon, alkalinity and trace metals from the land to the coastal sea. In the last decades, ^{222}Rn and Ra isotopes have been used as a proxy of groundwater discharge. In this study, we measured both SGD tracers (^{222}Rn, ^{223}Ra, ^{224}Ra, and ^{226}Ra) and nutrients, dissolved inorganic carbon (DIC), and total alkalinity (TAlk) of surface seawater and subterranean estuary in sandy beach of central Wakasa Bay to quantify the rate of groundwater discharge and associated material fluxes in May, July, and September 2018. Regardless of the sampling periods, ^{222}Rn, Ra isotopes, nutrients, DIC, and total alkalinity in subterranean estuary showed higher concentrations than in seawater. Activities of ^{222}Rn, ^{223}Ra, and ^{224}Ra in seawater decreased constantly from the tideline to offshore with little variation in salinity. This implies that recirculated saline groundwater seeps around the shoreline. Estimated SGD rates in May, July, and September by using the activities of ^{223}Ra and ^{224}Ra were 0.1 m^3 m^{-1} d^{-1}, 4.5 m^3 m^{-1} d^{-1}, 0.3 m^3 m^{-1} d^{-1} and 1.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 20.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 2.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, respectively. High SGD rates in July would be due to heavy rain before the sampling date. If we assume that groundwater discharge occurs along the tideline of the beach (length: 887 m), mean SGD rates were 809.1 m^3 d^{-1} in May, 11192.4 m^3 d^{-1} in July, and 1186.2 m^3 d^{-1} in September. Fluxes of nutrients (DIN, DIP, and DSi), DIC, and TAlk, derived SGD were calculated by multiplying mean SGD rates by its mean concentration in subterranean estuary. Although the nutrients fluxes from SGD were < 1% of those from the Kita River, DIC flux of SGD in May, July, and September corresponds to 6.5%, 94.7%, and 7.7% of the Kita River, respectively. These results mean that DIC transport through groundwater may be significant for carbonate system of Wakasa Bay.

キーワード：海底湧水、ラジウム同位体、溶存態物質、沿岸域
Keywords: Submarine groundwater discharge, Ra isotopes, dissolved materials, Coastal seas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

Influence of difference in river shape on heat supply to coastal area by hot spring drainage river

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2]
*Makoto Yamada[1], Taketoshi Mishima[2], Shinji Ohsawa[2]

1. 龍谷大学経済学部、2. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Sciences, Kyoto University

大分県別府市では、河川に温泉排水が流入し、河川生態系へ影響を与えていることが明らかとなっている。温泉排水の流入している河川の河口部では、温泉排水由来の熱の影響で、本来生息していない熱帯性の外来魚が多く生息しており、河川に生息する生物への熱的な影響が強いことがわかっている。しかし、すべての温泉排水が流入する河川で、河口部の生物に熱的な影響が見られるわけではなく、温泉排水が流入しているにも関わらず、その影響が少ない河川も存在する。別府市の河川は、火山性の扇状地を流下しており、河川の長さは比較的短いが、河川ごとに形状が異なる。また、河川によっては、コンクリート３面ばりのものもあり、川の状態も河川によって大きく異なる。別府では、温泉排水は主に、河川中流部で流入するため、河口域へ到達する間の河川状況の違いで、沿岸へ供給される熱の程度が異なってくることが予想される。そこで本研究では、沿岸部への温泉排水由来の熱の供給が、何よって影響を受けているのかを明らかにする目的で、温泉排水が顕著に流入している２つの河川（平田川・春木川）を比較した。

両河川とも、標高200m前後の地域で温泉排水が流入し、３km程度流下して河口部へ到達するが、河口部での水温は、年間を通じて春木川の方が５℃以上低い。また、一部で自然状態が維持されている春木川と比べて、平田川はほとんどすべての流程がコンクリートで覆われている。発表では、このような違いに加え、傾斜や直線性などの地形的な違い、流量の違いなどを俯瞰的に比較し、沿岸部へ供給される河川水の温度の違いが生じる理由について考察を行う。

キーワード：温泉排水、温泉熱、河川水温
Keywords: hot spring drainage, hot spring heat, river water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響
Construction of an artificial outlet channel affects organic carbon accumulation in a coastal lagoon

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1]
*Kenta Watanabe[1], Tomohiro Kuwae[1]

1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

Organic carbon (C_{org}) storage is one of the important functions of vegetated coastal ecosystems for mitigating the adverse effects of climate change. The artificial alteration of landforms by coastal constructions would impact on habitats, hydrological conditions, and sediment loads. However, how the coastal constructions change C_{org} accumulation in vegetated coastal ecosystems is poorly understood. In this study, the sediment profiles of geological and biogeochemical characteristics were measured in Komuke Lagoon, Hokkaido. Stable isotope ratios and ^{210}Pb profiles were used to investigate the origin of C_{org} and sediment age. We showed that C_{org} accumulation rates and the origin of accumulated C_{org} significantly changed after the construction of an artificial outlet channel. C_{org} accumulation was enhanced, the contribution of terrestrial-derived C_{org} decreased, and that of microalgae- and seagrass-derived C_{org} increased after the coastal construction at the site. These findings indicate that the construction of an artificial outlet channel alters the frequency of seawater exchange and affects habitat types and C_{org} accumulation.

キーワード：有機炭素貯留、海草藻場、塩性湿地、海岸工事、堆積年代推定
Keywords: organic carbon storage, seagrass meadows, saltmarshes, coastal construction, age-depth modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価
Evaluation of the influence of swans, *Cygnus cygnus* on the distribution of seagrass, *Zostera japonica*

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1]
*Yoshiyuki TANAKA[1], Fumiyuki SATO[1]

1. 八戸工業大学　工学部　生命環境科学科
1. Hachinohe Institute of Technology, Department of Life and Environmental Science

海草の分布や生物量は、様々な環境要因によって変化する。動物による捕食圧もその要因の一つである。青森県平内町小湊の浅所海岸に生育するコアマモは、毎年飛来するハクチョウ類の捕食圧の影響を受けていることが指摘されている。本研究では、浅所におけるコアマモの分布や生物量の季節変化を調査、ならびにハクチョウ類の糞も分析し、コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響を評価した。2018年７月、10月、11月、12月に測線調査を実施し、57定点のコアマモの有無を計測、一部の地点においては20ｃｍ＊20ｃｍの枠内のコアマモを採集、株数と生物量を記録した。分布を面的に見ることができるドローンを用いた空撮も実施した。2018年2月と3月にオオハクチョウの糞を採集し、糞内容物を目視で解析、炭素･窒素安定同位体比分析も行った。測線調査の結果、10月に比べ11月は分布地点が減少、12月にはほぼ消滅した。空撮でも激減が確認できた。株数は7月から10月にかけてやや減少、地下部重量はあまり変わらないのに対し、地上部重量はやや増加する傾向がみられた。10月から11月の株数、地上・地下部重量は大幅に減少した。2月の糞内容物として植物片や海藻片が、3月には籾殻が確認され、同位体比解析では2月と3月の間に食性の変化が確認できた。広範囲かつ急激なコアマモの分布地点・生物量の減少には、ハクチョウ類やその他の渡り鳥による捕食の影響が大きかったことが推察される。12月にはコアマモの生物量が極めて小さくなることから、12月以降、越冬中のハクチョウ類はコアマモ以外の餌に依存していると考えるのが妥当である。水田が雪で覆われる前後の12月や3月には、水田の落穂に依存していることが示唆された。

キーワード：海草、白鳥
Keywords: seagrass, swan, Cygnus cygnus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3]
*Masahiko Fujii[1], Takuto Yamaka[2], Shintaro Takao[3]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 国立極地研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science, 3. National Institute of Polar Research

As ocean acidification proceeds, it is concerned difficult for calcium carbonate and magnesium carbonate to be produced in the ocean, and calcifying organisms such as corals and shellfish having these skeletons and shells may be adversely affected. Moreover, the diurnal, seasonal and interannual fluctuation are all considered more prominent in coasts than in the open ocean, because of relatively larger amount of sea grass beds and more direct and significant terrestrial impacts. On the other hand, in the subarctic coastal region, it is difficult to maintain observation due to stormy weather in winter, which yields paucity of observational data. In this study, long-term continuous monitoring of physical and biogeochemical parameters was conducted in Oshoro Bay, Otaru City, Hokkaido. Our results show that the timing of increase and decrease of pH and dissolved oxygen almost coincided with each other, and the diurnal variation of pH was larger in spring and summer than in fall and winter. The diurnal variation of pH was 0.1 or more on average from May to August. The variation was 0.15 on average and 0.26 at the maximum, respectively, in August. That was 0.03 on average and 0.07 at the maximum, respectively, in November. Thus, the seasonal difference in the diurnal variation was clear, suggesting significant effects of the photosynthesis in the daytime and the respiration in the nighttime by primary producers. The results suggest relatively predominant biological effects with larger biomass and higher solar radiation in summer compared to those in winter. Results of the temporal variability of the ocean warming and acidification proxies obtained by applying the Regional Ocean Model System (ROMS) to the site will be introduced in the presentation.

キーワード：海洋酸性化、地球温暖化、亜寒帯、沿岸域、pH、炭酸カルシウム飽和度
Keywords: Ocean acidification, Ocean warming , subarctic, coast, pH, calcium saturation state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_16

[A-CG40] 沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用

コンビーナ:藤井 賢彦(北海道大学大学院地球環境科学研究院)、山田 誠(龍谷大学経済学部)、小路 淳(東京大学大気海洋研究所)、杉本 亮(福井県立大学海洋生物資源学部)

陸域から河川水や海底湧出地下水を介して供給される物質は沿岸海域の生物生産過程に不可欠である．本セッションでは，水循環を介した陸域と海域の相互作用に主眼を置く．生態系の連環，陸域および沿岸域の水循環，水産資源，生物多様性等に関する知見を学際的に取り上げ，沿岸域の高い生物生産力や生物多様性を生み出す仕組みを陸海相互作用の観点から総合的に議論することを目的とする．陸・沿岸海域の水・物質循環，沿岸の水産資源・生物多様性，沿岸生態系の連環などに関する研究発表を歓迎する．
なお，本セッションと連携開催を希望するセッション「沿岸海洋生態系－２．サンゴ礁・海草藻場・マングローブ」においては，サンゴ礁，海草藻場，マングローブ域など浅海域の底生生態系を主対象とし，水循環以外の物質循環を含めた生物地球化学過程を広く扱う．物質循環の季節・空間変動パターンや生態系サービスの多様性に着眼することにより，本セッションとの区別を明確化する．共通した情報が多いこれら2つのセッションに参加することにより，研究者は重要な情報を得ることができる．

[ACG40-P01] ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1] (1.福井県立大学、2.総合地球環境学研究所)

[ACG40-P02] 河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2] (1.龍谷大学経済学部、2.京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設)

[ACG40-P03] 沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1] (1.港湾空港技術研究所)

[ACG40-P04] コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1] (1.八戸工業大学　工学部　生命環境科学科)

[ACG40-P05] Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3] (1.北海道大学大学院地球環境科学研究院、2.北海道大学大学院環境科学院、3.国立極地研究所)

ラジウム同位体を用いた若狭湾中央部の砂浜域における地下水湧出および物質フラックスの定量化

Submarine groundwater discharge and dissolved material fluxes quantified by radium isotopes in sandy beach, central Wakasa Bay

*中島 壽視[1]、杉本 亮[1]、角野 悠太[1]、谷口 真人[2]、富永 修[1]
*Toshimi Nakajima[1], Ryo Sugimoto[1], Yuta Sumino[1], Makoto Taniguchi[2], Osamu Tominaga[1]

1. 福井県立大学、2. 総合地球環境学研究所
1. Fukui Prefectural University, 2. Research Institute for Humanity and Nature

Submarine groundwater discharge (SGD) is recognized as an important pathway for dissolved materials such as nutrients, carbon, alkalinity and trace metals from the land to the coastal sea. In the last decades, ^{222}Rn and Ra isotopes have been used as a proxy of groundwater discharge. In this study, we measured both SGD tracers (^{222}Rn, ^{223}Ra, ^{224}Ra, and ^{226}Ra) and nutrients, dissolved inorganic carbon (DIC), and total alkalinity (TAlk) of surface seawater and subterranean estuary in sandy beach of central Wakasa Bay to quantify the rate of groundwater discharge and associated material fluxes in May, July, and September 2018. Regardless of the sampling periods, ^{222}Rn, Ra isotopes, nutrients, DIC, and total alkalinity in subterranean estuary showed higher concentrations than in seawater. Activities of ^{222}Rn, ^{223}Ra, and ^{224}Ra in seawater decreased constantly from the tideline to offshore with little variation in salinity. This implies that recirculated saline groundwater seeps around the shoreline. Estimated SGD rates in May, July, and September by using the activities of ^{223}Ra and ^{224}Ra were 0.1 m^3 m^{-1} d^{-1}, 4.5 m^3 m^{-1} d^{-1}, 0.3 m^3 m^{-1} d^{-1} and 1.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 20.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, 2.3 m^3 m^{-1} d^{-1}, respectively. High SGD rates in July would be due to heavy rain before the sampling date. If we assume that groundwater discharge occurs along the tideline of the beach (length: 887 m), mean SGD rates were 809.1 m^3 d^{-1} in May, 11192.4 m^3 d^{-1} in July, and 1186.2 m^3 d^{-1} in September. Fluxes of nutrients (DIN, DIP, and DSi), DIC, and TAlk, derived SGD were calculated by multiplying mean SGD rates by its mean concentration in subterranean estuary. Although the nutrients fluxes from SGD were < 1% of those from the Kita River, DIC flux of SGD in May, July, and September corresponds to 6.5%, 94.7%, and 7.7% of the Kita River, respectively. These results mean that DIC transport through groundwater may be significant for carbonate system of Wakasa Bay.

キーワード：海底湧水、ラジウム同位体、溶存態物質、沿岸域
Keywords: Submarine groundwater discharge, Ra isotopes, dissolved materials, Coastal seas

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

河川形状の違いが温泉排水流入河川による沿岸域への熱供給に与える影響について

Influence of difference in river shape on heat supply to coastal area by hot spring drainage river

*山田 誠[1]、三島 壮智[2]、大沢 信二[2]
*Makoto Yamada[1], Taketoshi Mishima[2], Shinji Ohsawa[2]

1. 龍谷大学経済学部、2. 京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設
1. Faculty of Economics, Ryukoku University, 2. Institute for Geothermal Sciences, Graduate School of Sciences, Kyoto University

大分県別府市では、河川に温泉排水が流入し、河川生態系へ影響を与えていることが明らかとなっている。温泉排水の流入している河川の河口部では、温泉排水由来の熱の影響で、本来生息していない熱帯性の外来魚が多く生息しており、河川に生息する生物への熱的な影響が強いことがわかっている。しかし、すべての温泉排水が流入する河川で、河口部の生物に熱的な影響が見られるわけではなく、温泉排水が流入しているにも関わらず、その影響が少ない河川も存在する。別府市の河川は、火山性の扇状地を流下しており、河川の長さは比較的短いが、河川ごとに形状が異なる。また、河川によっては、コンクリート３面ばりのものもあり、川の状態も河川によって大きく異なる。別府では、温泉排水は主に、河川中流部で流入するため、河口域へ到達する間の河川状況の違いで、沿岸へ供給される熱の程度が異なってくることが予想される。そこで本研究では、沿岸部への温泉排水由来の熱の供給が、何よって影響を受けているのかを明らかにする目的で、温泉排水が顕著に流入している２つの河川（平田川・春木川）を比較した。

両河川とも、標高200m前後の地域で温泉排水が流入し、３km程度流下して河口部へ到達するが、河口部での水温は、年間を通じて春木川の方が５℃以上低い。また、一部で自然状態が維持されている春木川と比べて、平田川はほとんどすべての流程がコンクリートで覆われている。発表では、このような違いに加え、傾斜や直線性などの地形的な違い、流量の違いなどを俯瞰的に比較し、沿岸部へ供給される河川水の温度の違いが生じる理由について考察を行う。

キーワード：温泉排水、温泉熱、河川水温
Keywords: hot spring drainage, hot spring heat, river water temperature

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沿岸潟湖の有機炭素貯留に人工的な湖口開削が与える影響
Construction of an artificial outlet channel affects organic carbon accumulation in a coastal lagoon

*渡辺 謙太[1]、桑江 朝比呂[1]
*Kenta Watanabe[1], Tomohiro Kuwae[1]

1. 港湾空港技術研究所
1. Port and Airport Research Institute

Organic carbon (C_{org}) storage is one of the important functions of vegetated coastal ecosystems for mitigating the adverse effects of climate change. The artificial alteration of landforms by coastal constructions would impact on habitats, hydrological conditions, and sediment loads. However, how the coastal constructions change C_{org} accumulation in vegetated coastal ecosystems is poorly understood. In this study, the sediment profiles of geological and biogeochemical characteristics were measured in Komuke Lagoon, Hokkaido. Stable isotope ratios and ^{210}Pb profiles were used to investigate the origin of C_{org} and sediment age. We showed that C_{org} accumulation rates and the origin of accumulated C_{org} significantly changed after the construction of an artificial outlet channel. C_{org} accumulation was enhanced, the contribution of terrestrial-derived C_{org} decreased, and that of microalgae- and seagrass-derived C_{org} increased after the coastal construction at the site. These findings indicate that the construction of an artificial outlet channel alters the frequency of seawater exchange and affects habitat types and C_{org} accumulation.

キーワード：有機炭素貯留、海草藻場、塩性湿地、海岸工事、堆積年代推定
Keywords: organic carbon storage, seagrass meadows, saltmarshes, coastal construction, age-depth modelling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響の評価
Evaluation of the influence of swans, *Cygnus cygnus* on the distribution of seagrass, *Zostera japonica*

*田中 義幸[1]、佐藤 史幸[1]
*Yoshiyuki TANAKA[1], Fumiyuki SATO[1]

1. 八戸工業大学　工学部　生命環境科学科
1. Hachinohe Institute of Technology, Department of Life and Environmental Science

海草の分布や生物量は、様々な環境要因によって変化する。動物による捕食圧もその要因の一つである。青森県平内町小湊の浅所海岸に生育するコアマモは、毎年飛来するハクチョウ類の捕食圧の影響を受けていることが指摘されている。本研究では、浅所におけるコアマモの分布や生物量の季節変化を調査、ならびにハクチョウ類の糞も分析し、コアマモの分布にハクチョウ類が与える影響を評価した。2018年７月、10月、11月、12月に測線調査を実施し、57定点のコアマモの有無を計測、一部の地点においては20ｃｍ＊20ｃｍの枠内のコアマモを採集、株数と生物量を記録した。分布を面的に見ることができるドローンを用いた空撮も実施した。2018年2月と3月にオオハクチョウの糞を採集し、糞内容物を目視で解析、炭素･窒素安定同位体比分析も行った。測線調査の結果、10月に比べ11月は分布地点が減少、12月にはほぼ消滅した。空撮でも激減が確認できた。株数は7月から10月にかけてやや減少、地下部重量はあまり変わらないのに対し、地上部重量はやや増加する傾向がみられた。10月から11月の株数、地上・地下部重量は大幅に減少した。2月の糞内容物として植物片や海藻片が、3月には籾殻が確認され、同位体比解析では2月と3月の間に食性の変化が確認できた。広範囲かつ急激なコアマモの分布地点・生物量の減少には、ハクチョウ類やその他の渡り鳥による捕食の影響が大きかったことが推察される。12月にはコアマモの生物量が極めて小さくなることから、12月以降、越冬中のハクチョウ類はコアマモ以外の餌に依存していると考えるのが妥当である。水田が雪で覆われる前後の12月や3月には、水田の落穂に依存していることが示唆された。

キーワード：海草、白鳥
Keywords: seagrass, swan, Cygnus cygnus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Assessment and future projection of variational characteristics of ocean warming and acidification proxies in Oshoro Bay, Japan

*藤井 賢彦[1]、山家 拓人[2]、高尾 信太郎[3]
*Masahiko Fujii[1], Takuto Yamaka[2], Shintaro Takao[3]

1. 北海道大学大学院地球環境科学研究院、2. 北海道大学大学院環境科学院、3. 国立極地研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, 2. Graduate School of Environmental Science, 3. National Institute of Polar Research

As ocean acidification proceeds, it is concerned difficult for calcium carbonate and magnesium carbonate to be produced in the ocean, and calcifying organisms such as corals and shellfish having these skeletons and shells may be adversely affected. Moreover, the diurnal, seasonal and interannual fluctuation are all considered more prominent in coasts than in the open ocean, because of relatively larger amount of sea grass beds and more direct and significant terrestrial impacts. On the other hand, in the subarctic coastal region, it is difficult to maintain observation due to stormy weather in winter, which yields paucity of observational data. In this study, long-term continuous monitoring of physical and biogeochemical parameters was conducted in Oshoro Bay, Otaru City, Hokkaido. Our results show that the timing of increase and decrease of pH and dissolved oxygen almost coincided with each other, and the diurnal variation of pH was larger in spring and summer than in fall and winter. The diurnal variation of pH was 0.1 or more on average from May to August. The variation was 0.15 on average and 0.26 at the maximum, respectively, in August. That was 0.03 on average and 0.07 at the maximum, respectively, in November. Thus, the seasonal difference in the diurnal variation was clear, suggesting significant effects of the photosynthesis in the daytime and the respiration in the nighttime by primary producers. The results suggest relatively predominant biological effects with larger biomass and higher solar radiation in summer compared to those in winter. Results of the temporal variability of the ocean warming and acidification proxies obtained by applying the Regional Ocean Model System (ROMS) to the site will be introduced in the presentation.

キーワード：海洋酸性化、地球温暖化、亜寒帯、沿岸域、pH、炭酸カルシウム飽和度
Keywords: Ocean acidification, Ocean warming , subarctic, coast, pH, calcium saturation state

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_3

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験
In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2]
*Narihiro Orikasa[1], Masataka Murakami[2,1], Takuya Tajiri[1], Yuji Zaizen[1], Taro Shinoda[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Nagoya Univ., ISEE

Our field campaign of aircraft observations had successfully been conducted over the UAE regions, as well as ferries between UAE and Japan, in the summer of 2017. This campaign has mainly two objectives. First, in situ measurements contribute to investigation on microphysical processes in seeded and unseeded clouds as well as elucidation of the mechanism responsible for precipitation augmentation. Secondly, the field observation data is useful to validate numerical simulations of cloud and precipitation and to improve the accuracy and reliability of numerical models.

We had deployed two aircraft whose base was Al Ain International Airport, as well as one ground-based observation site next to the aircraft hangar. One aircraft for in situ measurements was B200T operated by Diamond Air Service Inc., and the other for cloud seeding was C-90 operated by UAE National Center of Meteorology (NCM). We performed 14 research flights (~30 hours in total) from Sep. 5 to Sep. 24. Thirteen of the B200T flights were coordinated with the C-90 flights. As shown in Fig. 1, the B200T installed meteorological instruments, hot-wire water content probes, cloud microphysical probes for in situ measurements, aerosol size distribution instruments, sampling mesh device for electron microscopic analysis, cloud condensation nuclei (CCN) counter, and ice nucleating particle (INP) counter. The C-90 dispersed two types of seeding materials through burn-in-place flare racks: $CaCl_2$ hygroscopic (HYG) and silver iodide (AgI) flares.

As one of the flight patterns, seeding plumes generated from the C-90 were sampled and measured with the instrumented B200T which followed the C-90. We collected excellent data for background (BG) aerosols and seeding plume particles generated by HYG flares, AgI flares, or simultaneously generated by the both types of flares.

In order to investigate cloud seeding effects, the B200T measured the evolution of aerosols and cloud particles from cloud base to upper levels before and after the C-90's flare seeding. Based on the same strategy and method as in previous studies on Japanese field campaigns, the flight data quality check and data analysis have been processed, and results of initial cloud droplet size distributions in terms of the seeding signatures are shown from several cases. In general, it was difficult to find clear seeding signatures in any cases.

Except for the seeding experiments, several flights provided us in situ measurements of natural clouds. We sometimes encountered relatively developed clouds whose top temperature was warmer than -10 C, and most of such clouds had ice crystals and graupels. Those basic data will be useful to fully understand the mechanism of ice formation over the UAE regions and to verify the numerical simulations of cloud and precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In order to conduct an effective and efficient cloud seeding experiment, it is essential to know the physico-chemical properties of BG aerosols in the atmosphere and to observe their spatial and temporal distributions before the experiment. The vertical profiles of aerosol number concentrations (corrected for STP conditions) showed rather constant below cloud base height. The IN and CCN abilities of BG aerosols are also essential information to accurately simulate cloud formation and precipitation development. The analysis of number concentrations of INP and CCN is shown from a few cases. The INP concentrations were typically ranged on the order of 1 to 10 L^{-1} and there were no significant height dependency. The CCN concentrations were typically several hundreds cm^{-3}_stp and generally depended on the space and time.

キーワード：エアロゾル・雲相互作用、雲核・氷晶核、雲シーディング、吸湿性粒子
Keywords: Aerosol-Cloud Interactions, Cloud Condensation Nuclei/Ice Nucleating Particles, Cloud Seeding, Hygroscopic Particles

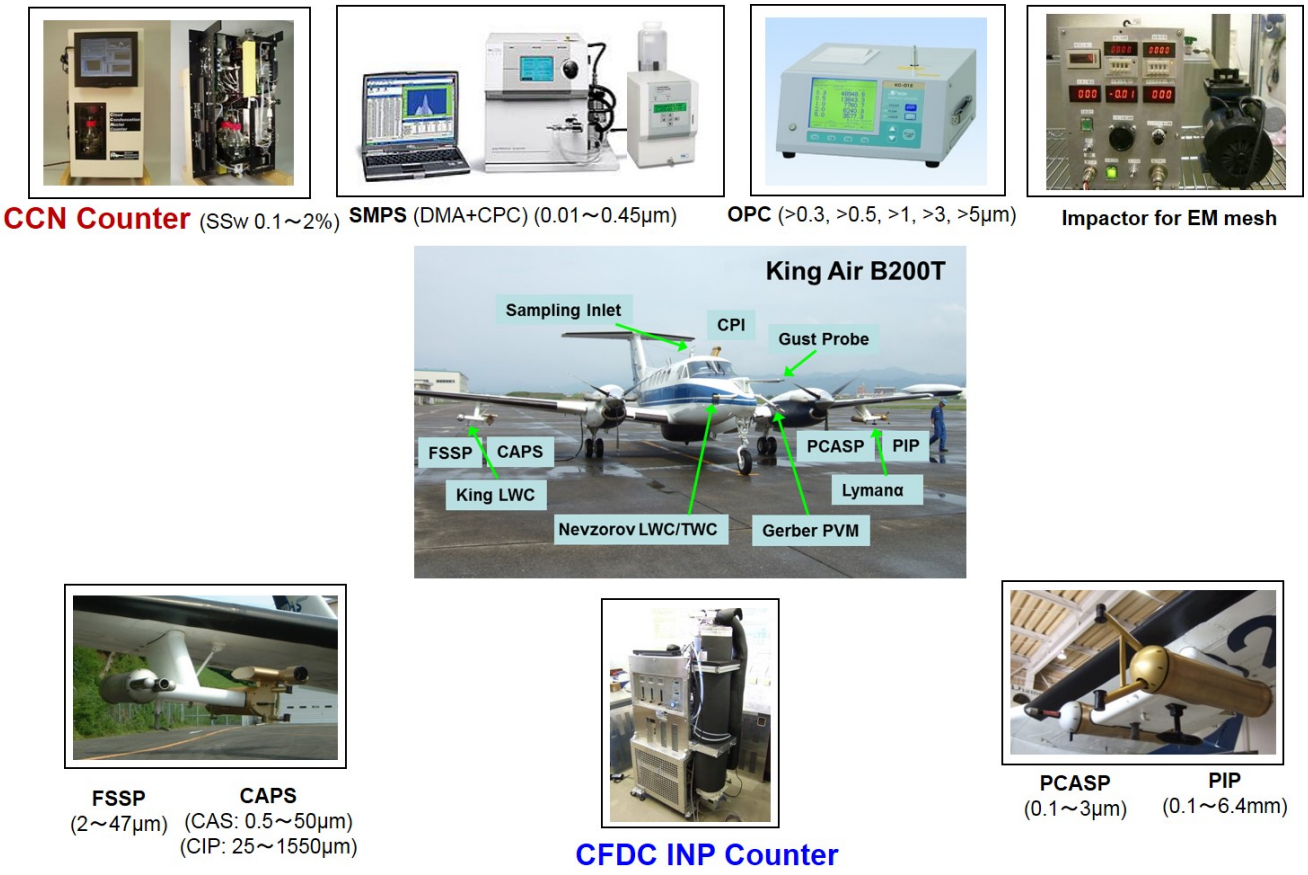


Fig. 1 Aircraft instrumentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5]
*Kosuke Ito[1], Hiroyuki Yamada[1], Munehiko Yamaguchi[2], Tetsuo Nakazawa[2], Norio Nagahama[3], Kensaku Shimizu[3], Tadayasu Ohigashi[4], Taro Shinoda[5], Kazuhisa Tsuboki[5]

1. 琉球大学、2. 気象研究所、3. 明星電気、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学
1. University of the Ryukyus, 2. Meteorological Research Institute, 3. Meisei Electric Co. LTD., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nagoya University

The inner core of Tropical Cyclone Lan was observed on 21–22 October 2017 by GPS dropsondes during the first aircraft missions of the Tropical Cyclones-Pacific Asian Research Campaign for the Improvement of Intensity Estimations/Forecasts (T-PARCII). To evaluate the impact of dropsondes on forecast skill, 12 36-h forecasts were conducted using a Japan Meteorological Agency non-hydrostatic model (JMA-NHM) with a JMANHM-based mesoscale four-dimensional data assimilation (DA) system. Track forecast skill improved over all forecast times with the assimilation of the dropsonde data. The improvement rate was 8–16% for 27–36-h forecasts. Minimum sea level pressure (Pmin) forecasts were generally degenerated (improved) for relatively short-term (long-term) forecasts by adding the dropsonde data, and maximum wind speed (Vmax) forecasts were degenerated. Some of the changes in the track and Vmax forecasts were statistically significant at the 95% confidence level. It is notable that the dropsonde-derived estimate of Pmin was closer to the realtime analysis by the Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo than the RSMC Tokyo best track analysis. The degeneration in intensity forecast skill due to uncertainties in the best track data is discussed.

キーワード：tropical cyclone、data assimilation
Keywords: tropical cyclone, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風Tramiの0℃高度の空間分布について
On the Spatial Distribution of Freezing height of Typhoon Trami

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1]
*Nobuhiro Takahashi[1], Yuki Kaneko[2], Kazuhisa Tsuboki[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

2018年9月に発生した台風Tramiに対しては、航空機からのドロップゾンデの観測が行われ、台風の目における気温分布が計測された。一方で全球降水観測計画（GPM）主衛星はTrami上を複数回観測し、うち2回は目を捉えていた。特に、ドロップゾンデの観測が行われた9月27日にはドロップゾンデ観測の数時間後にGPM搭載の2周波降水レーダ（DPR）による観測がなされた。DPRは降水システムの鉛直構造を観測できることから、所謂ブライトバンドとして現れる融解層から０℃高度を主に層状性降水域において推定できるほか、2周波観測の差から降雪と降雨を分離する試みがなされており、対流性降雨においても相変化の高度に関する情報が得られる。本報告では、台風Tramiに対してドロップゾンデ観測とDPR観測からの0℃高度についての情報を合成することにより台風の目とその周辺の温度構造を推定する。DPRのブライトバンドの観測では、スパイラルバンドに沿って0℃高度が4500 mから5400 mまで上昇している。特に南側ではインナーコアの周囲で500m 程度急激に上昇していた。インナーコア付近は対流性の降水システムであり、2周波比の大きい領域が6 km程度まで上昇している。一方、ドロップゾンデの観測からは目の中では0℃高度は6500 m程度まで上昇していた。

キーワード：台風、衛星搭載レーダ、0℃高度
Keywords: Typhoon, Spaceborne radar, Freezing height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

Revision of Research Plan on “Promotion of Climate and Earth System Science Research by Aircraft Observation”

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2]
*Nobuhiro Takahashi[1], Makoto Koike[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. School of Science, The University of Tokyo

気象学会は地球惑星科学の広い分野の研究者とともに、日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープラン 2014 と2017において、地球観測専用の航空機を導入して気候・地球システム科学研究を推進するという提案を行ったが、 残念ながら重点計画には採用されなかった。マスタープラン2020においては、地球惑星科学分野の学会・研究者との連携を深めサイエンスを強化するとともに、日本航空宇宙学会との連携により地球観測への無人機利用などの工学分野との融合を進め、さらに防災・減災分野の学会との連携を進めた提案をすることとなった。本計画書は、このようにして立案された「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画」について広く周知し、重点課題への採択、予算化、そして観測・研究の実施により世界的な成果を実現するために、2015年に制定された計画書を改訂したものである。

地球温暖化を含む地球環境の変動が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつある。しかし環境変動に重要な役割を果たす温室効果気体や雲・エアロゾルの挙動の解明や台風・集中豪雨の予測研究などに必要な、航空機からの直接観測が世界的に不足している。特に日本には地球観測専用の航空機が存在しないため、個々の研究においては民間航空機をレンタルした観測により成果を得つつも、気候・地球システム科学研究に不可欠な体系的な航空機観測がアジアでは実施されてこなかった。

本研究の目的は、わが国初となる地球観測専用の航空機を導入し、気候・地球システム研究を飛躍的に推進することである。航空機観測は、従来の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段である。航空機観測は、1 nmから100 mの（ミクロ）スケールの観測により、地球システム（マクロスケール）の振る舞いの理解を実現するパラダイムシフトを、地球科学にもたらすことが期待されている。本研究では航空機観測を軸として、大気、海洋、陸上植生、雪氷、そして固体地球の諸分野を横断する統合地球科学の枠組みの確立を目指す。これを実現するために、航空機を幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる、共同利用・共同研究拠点制度に基づく研究者主体の運用体制を確立する。長期的な運用（10年間）により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施することで、革新的な成果をあげるとともに人材育成を実現する。そして本研究で得られた科学的知見により、我が国や世界の国々への社会貢献、特にSDGsやフューチャーアースへの貢献を目指していきたい。

キーワード：航空機観測
Keywords: Aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[A-CG41] 地球惑星科学における航空機観測利用の推進

コンビーナ:高橋 暢宏(名古屋大学　宇宙地球環境研究所)、小池 真(東京大学大学院 理学系研究科 地球惑星科学専攻)、町田 敏暢(国立環境研究所)、篠田 太郎(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

地球温暖化などの地球環境変動の問題は地球惑星科学全体にわたる課題である。その解決には、数値モデルによる予測技術の発展とともに、監視的要素を持つ観測とプロセス解明のための観測の発展が必須である．航空機観測は，即時性・直接性といった高い観測の自由度を有し，人工衛星や地上観測では不可能な観測が行える。最近では，温室効果気体の濃度やエアロゾル・雲の粒径分布・化学組成などのミクロな量の「その場観測」や台風や森林など「リモートセンシング」において航空機観測の重要度が増しているほか、測地・火山・地震などへの応用も進んでいる。しかし、我が国では定常的かつ広範な航空機観測は、現在のところ実現していない。一方で、これまで単発に行われてきた航空機観測では、世界をリードする成果を挙げてきているのも事実であり、これをさらに発展させるためには地球惑星科学分野をはじめとする航空機利用の研究者が連携し、一体となって航空機観測を推進するとともに、学術会議のマスタープラン等における重要施策として実施する必要がある。本セッションでは、航空機観測・利用の最新の研究成果報告を通じて、今後の航空機観測の発展に関する議論を行う。

[ACG41-P01] UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2] (1.気象庁気象研究所、2.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG41-P02] Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5] (1.琉球大学、2.気象研究所、3.明星電気、4.防災科学技術研究所、5.名古屋大学)

[ACG41-P03] 台風Tramiの0°C高度の空間分布について

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.宇宙航空研究開発機構)

[ACG41-P04] 航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2.東京大学大学院　理学系研究科)

UAE上空におけるエアロゾル・雲の直接観測及びシーディング実験
In situ measurements of aerosol and cloud microphysical properties and cloud seeding experiments over the UAE

*折笠 成宏[1]、村上 正隆[2,1]、田尻 拓也[1]、財前 祐二[1]、篠田 太郎[2]
*Narihiro Orikasa[1], Masataka Murakami[2,1], Takuya Tajiri[1], Yuji Zaizen[1], Taro Shinoda[2]

1. 気象庁気象研究所、2. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Meteorological Research Institute, 2. Nagoya Univ., ISEE

Our field campaign of aircraft observations had successfully been conducted over the UAE regions, as well as ferries between UAE and Japan, in the summer of 2017. This campaign has mainly two objectives. First, in situ measurements contribute to investigation on microphysical processes in seeded and unseeded clouds as well as elucidation of the mechanism responsible for precipitation augmentation. Secondly, the field observation data is useful to validate numerical simulations of cloud and precipitation and to improve the accuracy and reliability of numerical models.

We had deployed two aircraft whose base was Al Ain International Airport, as well as one ground-based observation site next to the aircraft hangar. One aircraft for in situ measurements was B200T operated by Diamond Air Service Inc., and the other for cloud seeding was C-90 operated by UAE National Center of Meteorology (NCM). We performed 14 research flights (~30 hours in total) from Sep. 5 to Sep. 24. Thirteen of the B200T flights were coordinated with the C-90 flights. As shown in Fig. 1, the B200T installed meteorological instruments, hot-wire water content probes, cloud microphysical probes for in situ measurements, aerosol size distribution instruments, sampling mesh device for electron microscopic analysis, cloud condensation nuclei (CCN) counter, and ice nucleating particle (INP) counter. The C-90 dispersed two types of seeding materials through burn-in-place flare racks: $CaCl_2$ hygroscopic (HYG) and silver iodide (AgI) flares.

As one of the flight patterns, seeding plumes generated from the C-90 were sampled and measured with the instrumented B200T which followed the C-90. We collected excellent data for background (BG) aerosols and seeding plume particles generated by HYG flares, AgI flares, or simultaneously generated by the both types of flares.

In order to investigate cloud seeding effects, the B200T measured the evolution of aerosols and cloud particles from cloud base to upper levels before and after the C-90's flare seeding. Based on the same strategy and method as in previous studies on Japanese field campaigns, the flight data quality check and data analysis have been processed, and results of initial cloud droplet size distributions in terms of the seeding signatures are shown from several cases. In general, it was difficult to find clear seeding signatures in any cases.

Except for the seeding experiments, several flights provided us in situ measurements of natural clouds. We sometimes encountered relatively developed clouds whose top temperature was warmer than -10 C, and most of such clouds had ice crystals and graupels. Those basic data will be useful to fully understand the mechanism of ice formation over the UAE regions and to verify the numerical simulations of cloud and precipitation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

In order to conduct an effective and efficient cloud seeding experiment, it is essential to know the physico-chemical properties of BG aerosols in the atmosphere and to observe their spatial and temporal distributions before the experiment. The vertical profiles of aerosol number concentrations (corrected for STP conditions) showed rather constant below cloud base height. The IN and CCN abilities of BG aerosols are also essential information to accurately simulate cloud formation and precipitation development. The analysis of number concentrations of INP and CCN is shown from a few cases. The INP concentrations were typically ranged on the order of 1 to 10 L^{-1} and there were no significant height dependency. The CCN concentrations were typically several hundreds cm^{-3}_stp and generally depended on the space and time.

キーワード：エアロゾル・雲相互作用、雲核・氷晶核、雲シーディング、吸湿性粒子
Keywords: Aerosol-Cloud Interactions, Cloud Condensation Nuclei/Ice Nucleating Particles, Cloud Seeding, Hygroscopic Particles

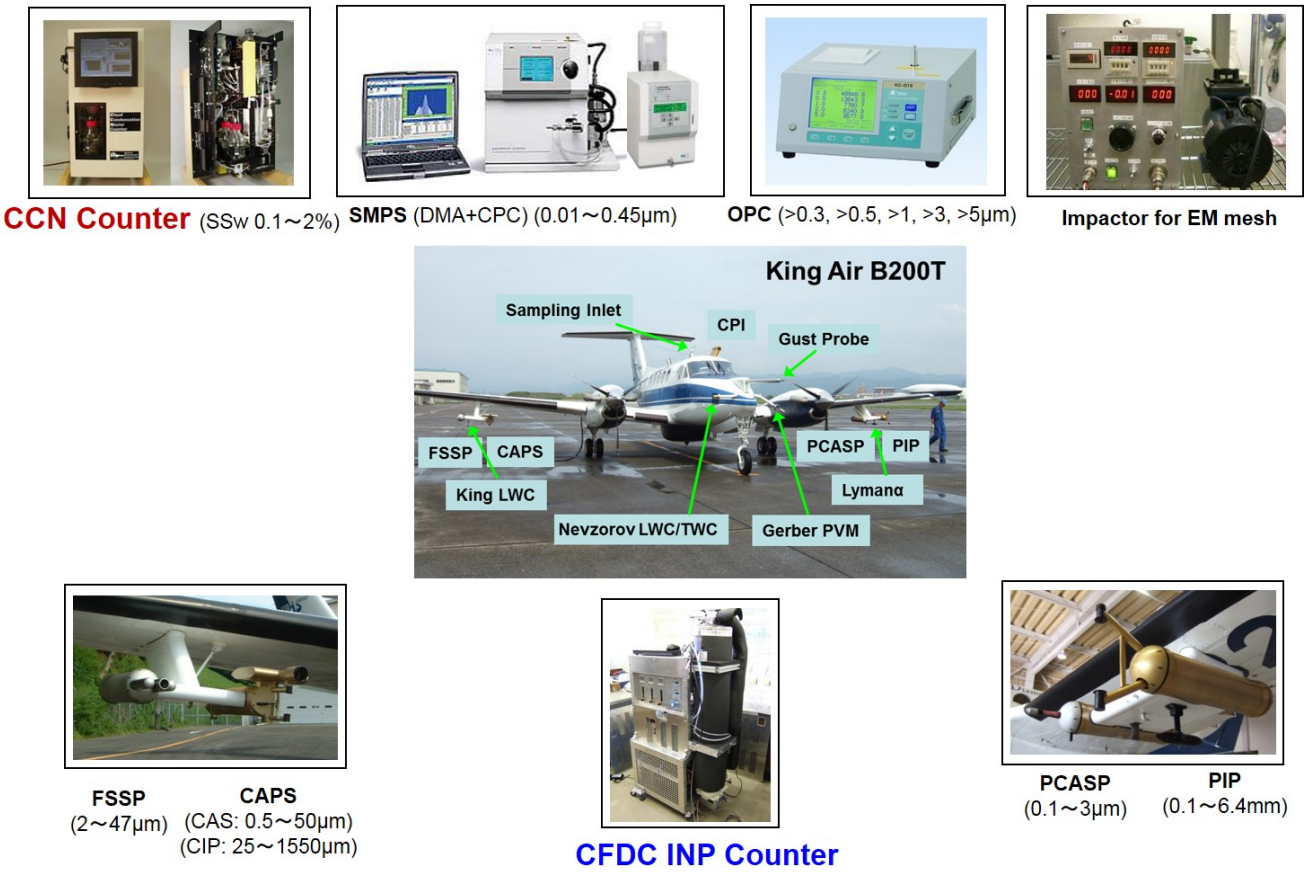


Fig. 1 Aircraft instrumentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis and Forecast Using Dropsonde Data from the Inner-Core Region of Tropical Cyclone Lan (2017) Obtained during the First Aircraft Missions of T-PARCII

*伊藤 耕介[1]、山田 広幸[1]、山口 宗彦[2]、中澤 哲夫[2]、長浜 則夫[3]、清水 健作[3]、大東 忠保[4]、篠田 太郎[5]、坪木 和久[5]
*Kosuke Ito[1], Hiroyuki Yamada[1], Munehiko Yamaguchi[2], Tetsuo Nakazawa[2], Norio Nagahama[3], Kensaku Shimizu[3], Tadayasu Ohigashi[4], Taro Shinoda[5], Kazuhisa Tsuboki[5]

1. 琉球大学、2. 気象研究所、3. 明星電気、4. 防災科学技術研究所、5. 名古屋大学
1. University of the Ryukyus, 2. Meteorological Research Institute, 3. Meisei Electric Co. LTD., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nagoya University

The inner core of Tropical Cyclone Lan was observed on 21–22 October 2017 by GPS dropsondes during the first aircraft missions of the Tropical Cyclones-Pacific Asian Research Campaign for the Improvement of Intensity Estimations/Forecasts (T-PARCII). To evaluate the impact of dropsondes on forecast skill, 12 36-h forecasts were conducted using a Japan Meteorological Agency non-hydrostatic model (JMA-NHM) with a JMANHM-based mesoscale four-dimensional data assimilation (DA) system. Track forecast skill improved over all forecast times with the assimilation of the dropsonde data. The improvement rate was 8–16% for 27–36-h forecasts. Minimum sea level pressure (Pmin) forecasts were generally degenerated (improved) for relatively short-term (long-term) forecasts by adding the dropsonde data, and maximum wind speed (Vmax) forecasts were degenerated. Some of the changes in the track and Vmax forecasts were statistically significant at the 95% confidence level. It is notable that the dropsonde-derived estimate of Pmin was closer to the realtime analysis by the Regional Specialized Meteorological Center (RSMC) Tokyo than the RSMC Tokyo best track analysis. The degeneration in intensity forecast skill due to uncertainties in the best track data is discussed.

キーワード：tropical cyclone、data assimilation
Keywords: tropical cyclone, data assimilation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

台風Tramiの0℃高度の空間分布について
On the Spatial Distribution of Freezing height of Typhoon Trami

*高橋 暢宏[1]、金子 有紀[2]、坪木 和久[1]
*Nobuhiro Takahashi[1], Yuki Kaneko[2], Kazuhisa Tsuboki[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 宇宙航空研究開発機構
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. Japan Aerospace Exploration Agency

2018年9月に発生した台風Tramiに対しては、航空機からのドロップゾンデの観測が行われ、台風の目における気温分布が計測された。一方で全球降水観測計画（GPM）主衛星はTrami上を複数回観測し、うち2回は目を捉えていた。特に、ドロップゾンデの観測が行われた9月27日にはドロップゾンデ観測の数時間後にGPM搭載の2周波降水レーダ（DPR）による観測がなされた。DPRは降水システムの鉛直構造を観測できることから、所謂ブライトバンドとして現れる融解層から０℃高度を主に層状性降水域において推定できるほか、2周波観測の差から降雪と降雨を分離する試みがなされており、対流性降雨においても相変化の高度に関する情報が得られる。本報告では、台風Tramiに対してドロップゾンデ観測とDPR観測からの0℃高度についての情報を合成することにより台風の目とその周辺の温度構造を推定する。DPRのブライトバンドの観測では、スパイラルバンドに沿って0℃高度が4500 mから5400 mまで上昇している。特に南側ではインナーコアの周囲で500m 程度急激に上昇していた。インナーコア付近は対流性の降水システムであり、2周波比の大きい領域が6 km程度まで上昇している。一方、ドロップゾンデの観測からは目の中では0℃高度は6500 m程度まで上昇していた。

キーワード：台風、衛星搭載レーダ、0℃高度
Keywords: Typhoon, Spaceborne radar, Freezing height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画書の改訂について

Revision of Research Plan on “Promotion of Climate and Earth System Science Research by Aircraft Observation”

*高橋 暢宏[1]、小池 真[2]
*Nobuhiro Takahashi[1], Makoto Koike[2]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所、2. 東京大学大学院　理学系研究科
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. School of Science, The University of Tokyo

気象学会は地球惑星科学の広い分野の研究者とともに、日本学術会議の大型研究計画に関するマスタープラン 2014 と2017において、地球観測専用の航空機を導入して気候・地球システム科学研究を推進するという提案を行ったが、 残念ながら重点計画には採用されなかった。マスタープラン2020においては、地球惑星科学分野の学会・研究者との連携を深めサイエンスを強化するとともに、日本航空宇宙学会との連携により地球観測への無人機利用などの工学分野との融合を進め、さらに防災・減災分野の学会との連携を進めた提案をすることとなった。本計画書は、このようにして立案された「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進研究計画」について広く周知し、重点課題への採択、予算化、そして観測・研究の実施により世界的な成果を実現するために、2015年に制定された計画書を改訂したものである。

地球温暖化を含む地球環境の変動が急速に進行し、人間の経済社会活動や水・食糧供給など生活の基盤に大きな影響を与えつつある。しかし環境変動に重要な役割を果たす温室効果気体や雲・エアロゾルの挙動の解明や台風・集中豪雨の予測研究などに必要な、航空機からの直接観測が世界的に不足している。特に日本には地球観測専用の航空機が存在しないため、個々の研究においては民間航空機をレンタルした観測により成果を得つつも、気候・地球システム科学研究に不可欠な体系的な航空機観測がアジアでは実施されてこなかった。

本研究の目的は、わが国初となる地球観測専用の航空機を導入し、気候・地球システム研究を飛躍的に推進することである。航空機観測は、従来の観測の精度を上げるのではなく、全く新しい観測量を得る手段である。航空機観測は、1 nmから100 mの（ミクロ）スケールの観測により、地球システム（マクロスケール）の振る舞いの理解を実現するパラダイムシフトを、地球科学にもたらすことが期待されている。本研究では航空機観測を軸として、大気、海洋、陸上植生、雪氷、そして固体地球の諸分野を横断する統合地球科学の枠組みの確立を目指す。これを実現するために、航空機を幅広い分野の研究者が長期的な視点から利用できる、共同利用・共同研究拠点制度に基づく研究者主体の運用体制を確立する。長期的な運用（10年間）により地球科学の重要な課題に対して計画的に観測・研究を実施することで、革新的な成果をあげるとともに人材育成を実現する。そして本研究で得られた科学的知見により、我が国や世界の国々への社会貢献、特にSDGsやフューチャーアースへの貢献を目指していきたい。

キーワード：航空機観測
Keywords: Aircraft observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態
Characteristics of organic carbon in coastal carbonate sediment accompanied by seagrass meadows

*宮島 利宏[1]
*Toshihiro Miyajima[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野
1. Marine Biogeochemistry Group, Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Seagrass meadows are submerged, highly productive ecosystem that occurs in sandy shallow coastal environments from tropical to boreal regions. Colonization of seagrasses in coastal habitats renders originally oligotrophic, organic-poor sandy sediment into a hot spot of organic carbon (OC) sequestration and storage. This function depends on a combination of several characteristics specific to seagrasses, such as very high and efficient photosynthetic ability, production of perennial belowground biomass, and physical attenuation effects of leaf blades and roots that enhance accumulation and stability of sediment. Recent estimates indicate that around 70% of global seagrass meadows are present in tropical and subtropical coastal habitats (Siikamäki et al. 2012), which are often covered with biogenic carbonate sediment especially in archipelagic regions. In fact, carbonate accumulated in global seagrass meadow sediments has been estimated to be up to five times greater than the amount of OC on the carbon basis (Mazarrasa et al. 2015). However, geochemical roles of carbonate sediment in OC sequestration in seagrass meadow sediments is not well understood.
This study focuses on the OC stock and its relationship to mineralogical properties of sediment such as carbonate content, specific surface area (SSA), and mesopore distribution in carbonate sediments accompanied by seagrass meadows in Japan and the Philippines. Here, typical carbonate sediment is defined as sediment with inorganic carbon (IC) content greater than 8 mmol IC g^{-1}(ca. 10%-IC w/w). Obtained results were compared with corresponding properties of temperate, non-carbonate (<0.5 mmol IC g^{-1}) seagrass meadow sediments. The ranges of OC concentration and stock, as well as the degree of accumulation of OC in seagrass meadows relative to adjacent non-vegetated sediment, were similar between carbonate and non-carbonate seagrass habitats. The OC concentration strongly correlated with SSA and total mesopore volume for both carbonate and non-carbonate sediments. However, average OC loading per unit surface area and unit mesopore volume was six-times and three-times greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments, respectively. Carbon isotope abundance suggested that the fraction of seagrass-derived OC to total OC was often much greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments. Nonetheless, OC tightly associated with carbonate minerals seemed to be derived mainly from non-seagrass sources. These findings as well as the differences between carbonate and non-carbonate sediments may be partially explained by characteristics specific to carbonate sediments, such as presence of basic OC inherited from organisms that originally produced the carbonate, different affinity to soluble organic matter, different mesopore shape and size distribution, and gradual dissolution during early diagenesis. However, what constrains the capacity of carbonate sediments to sequester OC is still unclear. Our results suggest that, although mineralogical control on sediment OC is significant in carbonate sediment, the classical sorptive preservation mechanism originally put forward for explaining the constant OC/SSA ratio in continental shelf sediments is not sufficient to explain the OC sequestration capacity of carbonate sediments supporting seagrass meadows.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海草藻場、炭酸カルシウム、炭素貯留
Keywords: seagrass beds, calcium carbonate, carbon storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1], Yuta Uchiyama[1], Kaoru Kakinuma[1], Ryo Kohsaka[1]

1. Tohoku University

The blue carbon ecosystems (mangroves and seagrass) in the Philippines provide a wide range of benefits to the coastal communities; from provisional, regulating and cultural services ranging from supply of food and a natural fish nursery, carbon storage, protection against storm surges and as a tourism site. Existing studies in the Philippines have shown how local people in coastal areas affects the utilization and managing of the blue carbon ecosystems. However, little have recorded and evaluated the perception of people on the importance of these coastal ecosystems at the municipality level in relationship with rate of utilization to the different services these ecosystems provide. It is very important to understand the level of awareness and usage of mangrove, seagrass and associated resources because it can help in contextual formulation and implementation of management plan of coastal ecosystems in the municipality. In this study, household surveys, key informant interviews (KII), and focus group discussions (FGD) using semi-structured questionnaires will be utilized at coastal areas in select municipalities of Eastern Samar and Western Visayas. This study aims to determine the local knowledge of the coastal communities on blue carbon ecosystems, evaluate how they directly or indirectly use the services and identify potential local threats and destructive activities. It will also highlight the perception and evaluation of the existing efforts of the local government and their effectivity on the management of blue carbon ecosystems from local perspectives which has been largely overlooked.

Keywords: Blue Carbon Ecosystems, Coastal Management, Ecosystem Services, Coastal Communities, Awareness, Utilization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Takashi Nakamura[1], Kazuo Nadoka[1]

1. Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Sekisei Lagoon is the site of Japan's largest coral reef area and is an important target site for conservation. However, it is affected to varying degrees by typhoons which approach yearly during the summer and autumn seasons. To closely investigate typhoon-driven hydrodynamics in Sekisei Lagoon, a modeling setup was developed using a nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) configuration with an outer coarse scale regional model at 1.5 km grid resolution, and an inner model focused on the Sekisei Lagoon domain with a grid resolution of 300 meters. The inner model was configured using the Coupled Ocean-Atmophere-Wave-Sediment Transport (COAWST) modeling framework in order to couple the ROMS ocean model with the Simulating Waves Nearshore (SWAN) wave model. Initial conditions and ocean boundary forcing for the regional model were derived from the global 1/12° Hybrid Coordinate Modeling System analysis data (HYCOM GLBv0.08), and tidal forcing was added using data from the 1/30° OSU Topex/Poseidon Global Inverse tidal solution (TPXO9). Meteorological forcing was derived from Japan Meteorological Agency-Grid Point Value (JMA-GPV) mesoscale model results, and SWAN boundary forcing for the inner model was derived using outputs from the 5-km JMA Coastal Wave Model (CWM) for locations around the Yaeyama Islands where Sekisei Lagoon is located.

The modeling setup was run for specific typhoon events as well as for relatively calmer periods, and model performance was evaluated by comparing simulation results with in-situ observations from sensor deployments around Sekisei Lagoon conducted during the summer months of 2014, 2015, and 2016, as well as from a long term continuous monitoring setup in the Shiraho Reef area in Ishigaki Island. Modeled significant wave heights and peak wave periods at wave sensor locations for relatively calm periods had comparable ranges, but exact temporal trends could not yet be reproduced well. During modeled typhoon passages, trends in significant wave height, such as the timing of increase as the typhoon approached and the maximum wave height reached, were well-reproduced for a wave sensor located at the southeastern part of Sekisei Lagoon. However, the comparison was relatively poor for wave sensors deployed at the northwestern part of the lagoon and offshore of Shiraho Reef on the eastern side of Ishigaki Island, particularly in terms of the timing of wave height increase. In terms of simulating water temperature, running the inner ROMS model without SWAN resulted in Wilmott skill index (Wilmott 1981) scores ranging from 0.72 to 0.95 and root mean-square errors ranging from 0.46 to 1.52 deg C when compared with field observations conducted around Sekisei Lagoon from May to November in 2016. Modeling runs for the coupled ROMS-SWAN model were of shorter duration, but the simulated water temperatures showed some notable differences with the ROMS only case for some locations, suggesting that the influence of wave-driven flows on water temperature trends may need closer investigation.

Adjustments to the modeling setup are ongoing, especially in terms of more properly resolving bathymetric features, as some parts of the domain are characterized by complex barrier and fringing reef structures. Parameter tuning is also being conducted in relation to the physical processes considered in the SWAN wave model, such as the influence of bottom friction and depth-induced wave breaking. With further improvement, this modeling setup may serve as a potentially useful tool to gain further insight into the ways typhoons affect the hydrodynamic conditions in Sekisei Lagoon, as well as estimate potential damage levels, given that typhoon tracks and intensities vary. Even for the non-typhoon case, the setup

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

may also be useful to help clarify the influence of waves on the overall circulation in the area.

Keywords: hydrodynamics, typhoon, ocean model, wave model, coral reef, sensors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1], Toshihiro Maki[2], Yasuo Furushima[3], Yukiyasu Noguchi[2], Hiroumi Horimoto[2], Hiroya Yatagai[2], Takashi Sakamaki[2], Shohei Ito[4], Sadao Suzuki[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. FullDepth Co., Ltd., 5. ORE

Mesophotic coral reef habitats (30-150 m) are still largely unexplored despite their importance in biology (e.g., marine biodiversity studies, genetic connectivity between shallow and deep communities, ecological shift from photosynthetic to heterotrophic communities along a depth/light gradient) and in geology (e.g., study of sea-level changes and reef growth history during Quaternary sea-level lowstands). Here we report on new seafloor observations conducted by remotely operated vehicles (ROVs) and an autonomous underwater vehicle (AUV) at depths of 30-65 m around the Sekisei lagoon, Yaeyama Islands, South Ryukyus, Japan. In this study, new seafloor imaging was carried out at six sites along the northern (N1-N2) and southern (S1-S4) margins of the Sekisei Lagoon by two ROVs (BlueRov 2, Blue Robotics Inc., and FullDepth DiveUnit 300, FullDepth Co., Ltd.) and one AUV (HATTORI 2). HATTORI 2 is designed to acquire high-resolution video images of the seafloor at a constant elevation along a pre-programmed path, which enables the creation of a 3D topographic map of the seafloor based on structure-from-motion photogrammetry. In addition, HATTORI 2 was equipped with depth, temperature, salinity and light sensors. We combine these new observations with data obtained during previous ROV and AUV surveys to investigate the community structure of benthic organisms, particularly scleractinian corals, at mesophotic depths, and examine its relationship with water depth, seafloor topography, substrate type, and other major environmental parameters (i.e., light penetration, water temperature and salinity). Previous surveys revealed a clear bathymetric zonation at site S1 with a shift from a “coralgal” community (dominated by scleractinian corals and coralline algae) to a “mixed” community (including scleractinian corals, algae, octocorallians, sponges, and foraminifers) at a depth of ~60 m, and showed also that scleractinian corals become rare below 70 m. A preliminary analysis of images acquired during our latest survey indicates that coral cover in the upper mesophotic zone (30-40 m) varies greatly from one site to another: up to 100% in the area of sites N1 and N2 (*Leptoseris* and *Acropora* colonies locally abundant), 35% or less in the area of S1, close to 0% at sites S2 and S3, and 30-60 % at site S4. Our new data confirm that substrate type and seafloor topography are likely important factors controlling the distribution of corals at upper mesophotic depths (higher coral cover on hard rocky substrate and topographic highs), but they alone cannot explain the full range of our observations.

Keywords: Coral reefs, Mesophotic habitat, Coral communities, ROV, AUV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4]
*Hiroyuki Fujimura[1], Sayaka Higa[1], Toshihiro Miyajima[2], Tomihiko Higuchi[2], Sylvain Agostini[3], Ikuko Yuyama[3], Takashi Nakamura[4]

1. 琉球大学、2. 東京大学、3. 筑波大学、4. 東京工業大学
1. University of the Ryukyus, 2. The University of Tokyo, 3. Tsukuba University, 4. Tokyo Institute of Technology

In recent years, mass coral bleaching has been recognized around the world. Coral bleaching is a phenomenon that coral loses symbiotic algae “zooxanthellae” due to strong solar radiation and high water temperature, and white coral skeleton can be seen through the transparent its soft tissue. Coral bleaching is caused by a damage of photosynthetic system of zooxanthella by strong light and the damaged part is not repaired by the continuation of the high water temperature, leading to a generation of harmful reactive oxygen species by combining surplus electrons and surrounding oxygen.

Since a translocation of fixed carbon from zooxanthellae to coral decreases during bleaching event, corals are forced to consume the stored lipids in the tissues. Prolonged bleaching event eventually causes the death of coral. Corals that store enough energy by predation have more resistance against bleaching (Ferrier-Pages et al. 2010). An addition of a trace amount of inorganic metals to corals has shown an increase in antioxidant enzyme activity (Sasaki 2013). Feeding activity is not only energy supply for coral but also supply of trace metal elements that can be used for the active center of antioxidant enzyme as a cofactor. It is possible that heterotrophic feeding may improve a tolerance of coral bleaching. Therefore, the aim of this study is to investigate experimentally whether antioxidant capacity can be enhanced by heterotrophic nutrition.

Coral polyps of *Galaxea fascicularis* were incubated with and without a feeding condition for 20 days. Zooplankton was given to coral at the dawn when coral actively extends its tentacles and takes predatory behavior (AM 5: 00 - 8: 00). After 20 days, the water temperature was raised up to 31ºC within 3 days. Finally, all the coral polyps were sacrificed and separated into host tissues and zooxanthella. Superoxide dismutase (SOD) enzyme activity of the antioxidant and concentration of the metal element contained in the protein were measured, respectively.

As a result of feeding experiment, the SOD enzyme activity increased under feeding conditions of 27 ℃ and maintained the activity level after exposure to high water temperature, indicating the enhancement of the antioxidant activity of *G. fascicularis* by feeding process.

キーワード：造礁サンゴ、従属栄養、抗酸化能
Keywords: scleractinian coral, heterotrophic nutrition, antioxidant capacity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境ストレスがサンゴの白化に与える影響
Effects of environmental stresses on coral bleaching

*樋口 富彦[1]
*Tomihiko Higuchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Coral reefs are threatened by multiple environmental stresses at both the global and the local scales. Declining water quality in coastal reefs has been reported such as due to red soil runoff, agricultural fertilizers, and anti-fouling chemicals. Coral bleaching has been frequently reported and actively studied recently. The synergistic effects of multiple stressors have also been studied, with several studies reporting accelerated bleaching under conditions of high seawater temperature and low water quality. For example, enrichment of nitrate can accelerate coral bleaching under high light or high temperature conditions compared with single stress conditions. If the concentration of nitrate increases damage to coral reefs in coastal areas could significantly increase under high temperature or high light stress. Moreover, environmental bacteria, *Sulfitobacter* sp., which can be found in the seawater of coral reef, enhanced bleaching process under high temperature. These nitrate and bacteria did not affect corals severely under ambient temperature (not high temperature). To mitigate environmental stresses on coral reefs, it is important to evaluate risks due not only to global warming, but also to local stresses.

キーワード：地球温暖化、サンゴ白化現象、複合ストレス
Keywords: global warming, coral bleaching, multiple stresses

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_18

[A-CG44] 沿岸海洋生態系―２．サンゴ礁・藻場・マングローブ

コンビーナ:梅澤 有(東京農工大学)、宮島 利宏(東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)、渡邉 敦(笹川平和財団　海洋政策研究所)、樋口 富彦(東京大学大気海洋研究所)

沿岸海洋生態系はその占有面積に比して高度で多様な生態系サービスを提供し、人間生活に恩恵をもたらす一方、相接する陸域・外洋域・大気圏と密接な連関を有し、人間活動からの影響を強く受ける複雑な開放系である。本セッションは、連携する「沿岸海洋生態系―１．水循環と陸海相互作用」と共に、相互作用系としての沿岸海洋生態系研究の最前線について研究分野の枠を越えて討議する場を提供する。
本セッションで扱う浅海域生態系は、高度な基礎生産・物質循環・生物多様性で特徴づけられる場であるが、海洋資源に対する高い需要や陸域の開発に伴う環境改変圧力にさらされており、生態系機能の包括的評価と維持再生技術の創成が求められている。本セッションは、サンゴ礁・アマモ場・ガラモ場・マングローブを含む温帯～熱帯浅海域生態系をフィールドとする生態学・地球化学等の研究者が中心となって最新の研究成果を共有すると共に、新たな研究構想や保全管理策の立案に資することを目的とする。特に物質循環と生態系機能、群集間コネクティビティ、環境変動応答、生態系サービス、広域比較・長期変動等をキーワードとする事例研究、モデル研究の発表を歓迎する。

[ACG44-P01] 海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態

*宮島 利宏[1] (1.東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野)

[ACG44-P02] **Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines**

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1]、Yuta Uchiyama[1]、Kaoru Kakinuma[1]、Ryo Kohsaka[1] (1.Tohoku University)

[ACG44-P03] Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1]、Takashi Nakamura[1]、Kazuo Nadoka[1] (1.Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)

[ACG44-P04] Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1]、Toshihiro Maki[2]、Yasuo Furushima[3]、Yukiyasu Noguchi[2]、Hiroumi Horimoto[2]、Hiroya Yatagai[2]、Takashi Sakamaki[2]、Shohei Ito[4]、Sadao Suzuki[5] (1.Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University、2.Institute of Industrial Science, The University of Tokyo、3.JAMSTEC、4.FullDepth Co., Ltd.、5.ORE)

[ACG44-P05] Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4] (1.琉球大学、2.東京大学、3.筑波大学、4.東京工業大学)

[ACG44-P06] 環境ストレスがサンゴの白化に与える影響

*樋口 富彦[1] (1.東京大学大気海洋研究所)

海草藻場を伴う浅海炭酸塩堆積物の有機炭素の存在形態
Characteristics of organic carbon in coastal carbonate sediment accompanied by seagrass meadows

*宮島 利宏[1]
*Toshihiro Miyajima[1]

1. 東京大学　大気海洋研究所　海洋地球システム研究系　生元素動態分野
1. Marine Biogeochemistry Group, Division of Ocean-Earth System Science, Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Seagrass meadows are submerged, highly productive ecosystem that occurs in sandy shallow coastal environments from tropical to boreal regions. Colonization of seagrasses in coastal habitats renders originally oligotrophic, organic-poor sandy sediment into a hot spot of organic carbon (OC) sequestration and storage. This function depends on a combination of several characteristics specific to seagrasses, such as very high and efficient photosynthetic ability, production of perennial belowground biomass, and physical attenuation effects of leaf blades and roots that enhance accumulation and stability of sediment. Recent estimates indicate that around 70% of global seagrass meadows are present in tropical and subtropical coastal habitats (Siikamäki et al. 2012), which are often covered with biogenic carbonate sediment especially in archipelagic regions. In fact, carbonate accumulated in global seagrass meadow sediments has been estimated to be up to five times greater than the amount of OC on the carbon basis (Mazarrasa et al. 2015). However, geochemical roles of carbonate sediment in OC sequestration in seagrass meadow sediments is not well understood.
This study focuses on the OC stock and its relationship to mineralogical properties of sediment such as carbonate content, specific surface area (SSA), and mesopore distribution in carbonate sediments accompanied by seagrass meadows in Japan and the Philippines. Here, typical carbonate sediment is defined as sediment with inorganic carbon (IC) content greater than 8 mmol IC g^{-1}(ca. 10%-IC w/w). Obtained results were compared with corresponding properties of temperate, non-carbonate (<0.5 mmol IC g^{-1}) seagrass meadow sediments. The ranges of OC concentration and stock, as well as the degree of accumulation of OC in seagrass meadows relative to adjacent non-vegetated sediment, were similar between carbonate and non-carbonate seagrass habitats. The OC concentration strongly correlated with SSA and total mesopore volume for both carbonate and non-carbonate sediments. However, average OC loading per unit surface area and unit mesopore volume was six-times and three-times greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments, respectively. Carbon isotope abundance suggested that the fraction of seagrass-derived OC to total OC was often much greater for carbonate sediments than non-carbonate sediments. Nonetheless, OC tightly associated with carbonate minerals seemed to be derived mainly from non-seagrass sources. These findings as well as the differences between carbonate and non-carbonate sediments may be partially explained by characteristics specific to carbonate sediments, such as presence of basic OC inherited from organisms that originally produced the carbonate, different affinity to soluble organic matter, different mesopore shape and size distribution, and gradual dissolution during early diagenesis. However, what constrains the capacity of carbonate sediments to sequester OC is still unclear. Our results suggest that, although mineralogical control on sediment OC is significant in carbonate sediment, the classical sorptive preservation mechanism originally put forward for explaining the constant OC/SSA ratio in continental shelf sediments is not sufficient to explain the OC sequestration capacity of carbonate sediments supporting seagrass meadows.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：海草藻場、炭酸カルシウム、炭素貯留
Keywords: seagrass beds, calcium carbonate, carbon storage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Perceptions of Coastal Communities on Blue Carbon Ecosystems Services at the Municipalities of Eastern Samar and Western Visayas, Philippines

*Jay Mar Dioquito Quevedo[1], Yuta Uchiyama[1], Kaoru Kakinuma[1], Ryo Kohsaka[1]

1. Tohoku University

The blue carbon ecosystems (mangroves and seagrass) in the Philippines provide a wide range of benefits to the coastal communities; from provisional, regulating and cultural services ranging from supply of food and a natural fish nursery, carbon storage, protection against storm surges and as a tourism site. Existing studies in the Philippines have shown how local people in coastal areas affects the utilization and managing of the blue carbon ecosystems. However, little have recorded and evaluated the perception of people on the importance of these coastal ecosystems at the municipality level in relationship with rate of utilization to the different services these ecosystems provide. It is very important to understand the level of awareness and usage of mangrove, seagrass and associated resources because it can help in contextual formulation and implementation of management plan of coastal ecosystems in the municipality. In this study, household surveys, key informant interviews (KII), and focus group discussions (FGD) using semi-structured questionnaires will be utilized at coastal areas in select municipalities of Eastern Samar and Western Visayas. This study aims to determine the local knowledge of the coastal communities on blue carbon ecosystems, evaluate how they directly or indirectly use the services and identify potential local threats and destructive activities. It will also highlight the perception and evaluation of the existing efforts of the local government and their effectivity on the management of blue carbon ecosystems from local perspectives which has been largely overlooked.

Keywords: Blue Carbon Ecosystems, Coastal Management, Ecosystem Services, Coastal Communities, Awareness, Utilization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Numerical simulation of typhoon events in Sekisei Lagoon, Okinawa, Japan using a coupled ocean-wave model

*Lawrence Patrick Cases Bernardo[1], Takashi Nakamura[1], Kazuo Nadoka[1]

1. Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Sekisei Lagoon is the site of Japan's largest coral reef area and is an important target site for conservation. However, it is affected to varying degrees by typhoons which approach yearly during the summer and autumn seasons. To closely investigate typhoon-driven hydrodynamics in Sekisei Lagoon, a modeling setup was developed using a nested Regional Ocean Modeling System (ROMS) configuration with an outer coarse scale regional model at 1.5 km grid resolution, and an inner model focused on the Sekisei Lagoon domain with a grid resolution of 300 meters. The inner model was configured using the Coupled Ocean-Atmophere-Wave-Sediment Transport (COAWST) modeling framework in order to couple the ROMS ocean model with the Simulating Waves Nearshore (SWAN) wave model. Initial conditions and ocean boundary forcing for the regional model were derived from the global 1/12° Hybrid Coordinate Modeling System analysis data (HYCOM GLBv0.08), and tidal forcing was added using data from the 1/30° OSU Topex/Poseidon Global Inverse tidal solution (TPXO9). Meteorological forcing was derived from Japan Meteorological Agency-Grid Point Value (JMA-GPV) mesoscale model results, and SWAN boundary forcing for the inner model was derived using outputs from the 5-km JMA Coastal Wave Model (CWM) for locations around the Yaeyama Islands where Sekisei Lagoon is located.

The modeling setup was run for specific typhoon events as well as for relatively calmer periods, and model performance was evaluated by comparing simulation results with in-situ observations from sensor deployments around Sekisei Lagoon conducted during the summer months of 2014, 2015, and 2016, as well as from a long term continuous monitoring setup in the Shiraho Reef area in Ishigaki Island. Modeled significant wave heights and peak wave periods at wave sensor locations for relatively calm periods had comparable ranges, but exact temporal trends could not yet be reproduced well. During modeled typhoon passages, trends in significant wave height, such as the timing of increase as the typhoon approached and the maximum wave height reached, were well-reproduced for a wave sensor located at the southeastern part of Sekisei Lagoon. However, the comparison was relatively poor for wave sensors deployed at the northwestern part of the lagoon and offshore of Shiraho Reef on the eastern side of Ishigaki Island, particularly in terms of the timing of wave height increase. In terms of simulating water temperature, running the inner ROMS model without SWAN resulted in Wilmott skill index (Wilmott 1981) scores ranging from 0.72 to 0.95 and root mean-square errors ranging from 0.46 to 1.52 deg C when compared with field observations conducted around Sekisei Lagoon from May to November in 2016. Modeling runs for the coupled ROMS-SWAN model were of shorter duration, but the simulated water temperatures showed some notable differences with the ROMS only case for some locations, suggesting that the influence of wave-driven flows on water temperature trends may need closer investigation.

Adjustments to the modeling setup are ongoing, especially in terms of more properly resolving bathymetric features, as some parts of the domain are characterized by complex barrier and fringing reef structures. Parameter tuning is also being conducted in relation to the physical processes considered in the SWAN wave model, such as the influence of bottom friction and depth-induced wave breaking. With further improvement, this modeling setup may serve as a potentially useful tool to gain further insight into the ways typhoons affect the hydrodynamic conditions in Sekisei Lagoon, as well as estimate potential damage levels, given that typhoon tracks and intensities vary. Even for the non-typhoon case, the setup

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

may also be useful to help clarify the influence of waves on the overall circulation in the area.

Keywords: hydrodynamics, typhoon, ocean model, wave model, coral reef, sensors

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Study of macrobenthic community structure at mesophotic depths in the South Ryukyus based on ROV and AUV seafloor imaging

*Marc Humblet[1], Toshihiro Maki[2], Yasuo Furushima[3], Yukiyasu Noguchi[2], Hiroumi Horimoto[2], Hiroya Yatagai[2], Takashi Sakamaki[2], Shohei Ito[4], Sadao Suzuki[5]

1. Department of Earth and Planetary Sciences, Nagoya University, 2. Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 3. JAMSTEC, 4. FullDepth Co., Ltd., 5. ORE

Mesophotic coral reef habitats (30-150 m) are still largely unexplored despite their importance in biology (e.g., marine biodiversity studies, genetic connectivity between shallow and deep communities, ecological shift from photosynthetic to heterotrophic communities along a depth/light gradient) and in geology (e.g., study of sea-level changes and reef growth history during Quaternary sea-level lowstands). Here we report on new seafloor observations conducted by remotely operated vehicles (ROVs) and an autonomous underwater vehicle (AUV) at depths of 30-65 m around the Sekisei lagoon, Yaeyama Islands, South Ryukyus, Japan. In this study, new seafloor imaging was carried out at six sites along the northern (N1-N2) and southern (S1-S4) margins of the Sekisei Lagoon by two ROVs (BlueRov 2, Blue Robotics Inc., and FullDepth DiveUnit 300, FullDepth Co., Ltd.) and one AUV (HATTORI 2). HATTORI 2 is designed to acquire high-resolution video images of the seafloor at a constant elevation along a pre-programmed path, which enables the creation of a 3D topographic map of the seafloor based on structure-from-motion photogrammetry. In addition, HATTORI 2 was equipped with depth, temperature, salinity and light sensors. We combine these new observations with data obtained during previous ROV and AUV surveys to investigate the community structure of benthic organisms, particularly scleractinian corals, at mesophotic depths, and examine its relationship with water depth, seafloor topography, substrate type, and other major environmental parameters (i.e., light penetration, water temperature and salinity). Previous surveys revealed a clear bathymetric zonation at site S1 with a shift from a “coralgal” community (dominated by scleractinian corals and coralline algae) to a “mixed” community (including scleractinian corals, algae, octocorallians, sponges, and foraminifers) at a depth of ~60 m, and showed also that scleractinian corals become rare below 70 m. A preliminary analysis of images acquired during our latest survey indicates that coral cover in the upper mesophotic zone (30-40 m) varies greatly from one site to another: up to 100% in the area of sites N1 and N2 (*Leptoseris* and *Acropora* colonies locally abundant), 35% or less in the area of S1, close to 0% at sites S2 and S3, and 30-60 % at site S4. Our new data confirm that substrate type and seafloor topography are likely important factors controlling the distribution of corals at upper mesophotic depths (higher coral cover on hard rocky substrate and topographic highs), but they alone cannot explain the full range of our observations.

Keywords: Coral reefs, Mesophotic habitat, Coral communities, ROV, AUV

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

Enhancement of antioxidant activity of scleractinian coral *Galaxea Fascicularis* by feeding treatment.

*藤村 弘行[1]、比嘉 彩也香[1]、宮島 利宏[2]、樋口 富彦[2]、Sylvain Agostini[3]、湯山 育子[3]、中村 隆志[4]
*Hiroyuki Fujimura[1], Sayaka Higa[1], Toshihiro Miyajima[2], Tomihiko Higuchi[2], Sylvain Agostini[3], Ikuko Yuyama[3], Takashi Nakamura[4]

1. 琉球大学、2. 東京大学、3. 筑波大学、4. 東京工業大学
1. University of the Ryukyus, 2. The University of Tokyo, 3. Tsukuba University, 4. Tokyo Institute of Technology

In recent years, mass coral bleaching has been recognized around the world. Coral bleaching is a phenomenon that coral loses symbiotic algae “zooxanthellae” due to strong solar radiation and high water temperature, and white coral skeleton can be seen through the transparent its soft tissue. Coral bleaching is caused by a damage of photosynthetic system of zooxanthella by strong light and the damaged part is not repaired by the continuation of the high water temperature, leading to a generation of harmful reactive oxygen species by combining surplus electrons and surrounding oxygen.

Since a translocation of fixed carbon from zooxanthellae to coral decreases during bleaching event, corals are forced to consume the stored lipids in the tissues. Prolonged bleaching event eventually causes the death of coral. Corals that store enough energy by predation have more resistance against bleaching (Ferrier-Pages et al. 2010). An addition of a trace amount of inorganic metals to corals has shown an increase in antioxidant enzyme activity (Sasaki 2013). Feeding activity is not only energy supply for coral but also supply of trace metal elements that can be used for the active center of antioxidant enzyme as a cofactor. It is possible that heterotrophic feeding may improve a tolerance of coral bleaching. Therefore, the aim of this study is to investigate experimentally whether antioxidant capacity can be enhanced by heterotrophic nutrition.

Coral polyps of *Galaxea fascicularis* were incubated with and without a feeding condition for 20 days. Zooplankton was given to coral at the dawn when coral actively extends its tentacles and takes predatory behavior (AM 5: 00 - 8: 00). After 20 days, the water temperature was raised up to 31ºC within 3 days. Finally, all the coral polyps were sacrificed and separated into host tissues and zooxanthella. Superoxide dismutase (SOD) enzyme activity of the antioxidant and concentration of the metal element contained in the protein were measured, respectively.

As a result of feeding experiment, the SOD enzyme activity increased under feeding conditions of 27 ℃ and maintained the activity level after exposure to high water temperature, indicating the enhancement of the antioxidant activity of *G. fascicularis* by feeding process.

キーワード：造礁サンゴ、従属栄養、抗酸化能
Keywords: scleractinian coral, heterotrophic nutrition, antioxidant capacity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環境ストレスがサンゴの白化に与える影響
Effects of environmental stresses on coral bleaching

*樋口 富彦[1]
*Tomihiko Higuchi[1]

1. 東京大学大気海洋研究所
1. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

Coral reefs are threatened by multiple environmental stresses at both the global and the local scales. Declining water quality in coastal reefs has been reported such as due to red soil runoff, agricultural fertilizers, and anti-fouling chemicals. Coral bleaching has been frequently reported and actively studied recently. The synergistic effects of multiple stressors have also been studied, with several studies reporting accelerated bleaching under conditions of high seawater temperature and low water quality. For example, enrichment of nitrate can accelerate coral bleaching under high light or high temperature conditions compared with single stress conditions. If the concentration of nitrate increases damage to coral reefs in coastal areas could significantly increase under high temperature or high light stress. Moreover, environmental bacteria, *Sulfitobacter* sp., which can be found in the seawater of coral reef, enhanced bleaching process under high temperature. These nitrate and bacteria did not affect corals severely under ambient temperature (not high temperature). To mitigate environmental stresses on coral reefs, it is important to evaluate risks due not only to global warming, but also to local stresses.

キーワード：地球温暖化、サンゴ白化現象、複合ストレス
Keywords: global warming, coral bleaching, multiple stresses

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_11

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental

Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介
About GCOM-C/SGLI Ocean Standard Products

*緒方 一紀[1]
*Kazunori Ogata[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

地球観測変動観測ミッションにおいて気候変動を観測する衛星 (Global Change Observation Mission-Climate: GCOM-C)「しきさい」が2017年12月23日にJAXAにより打ち上げられた。しきさいには多波長光学放射計 (Second Generation Global Imager : SGLI)が搭載されており、近紫外から熱赤外 (波長: 380nm ~ 12um) を19チャンネルで観測する。

SGLIの海洋標準プロダクトは７つのパラメータと２つの処理レベルから成る。パラメータは波長380、412、443、490、530、 565と673.5nmの海水射出放射輝度 (NWLR) [W/m^2/sr/um]、波長673.5と868.5nmのエアロゾル光学的厚さ (TAUA) [-], 光合成有効放射量(PAR) [Ein/m^2/day]、懸濁物質濃度 (TSM) [g/m^3]、波長412nmの有色溶存有機物吸光係数 (CDOM) [m^-1] から成る。処理レベルは空間解像度と時間解像度によってLevele-2とLevel-3に分けられる。

打ち上げから約1年を経て、全ての海洋標準プロダクトがリリース基準の精度を達成し、JAXA G-Portalから2018年12月20日より提供が開始された。

キーワード：GCOM-C、SGLI、海色、海面水温、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Ocean color, SST, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証
Verification of GCOM-C/SGLI product in coastal area

*石坂 丞二[1]
*Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2017年12月にGCOM-C/SGLIが打ちあがり、2018年12月からデータ公開が開始された。2018年中に東シナ海、伊勢湾、有明海等で、検証用のリモートセンシング反射率、クロロフィルa等のデータを取得したため、本発表では特に沿岸域での精度の検証を行った結果を発表する。

キーワード：海色衛星検証、沿岸域、クロロフィルa、リモートセンシング反射率、懸濁物、海色溶存有機物
Keywords: validation of ocean color data, coastal area, chlorophyll-a, remote sensing reflectance, suspended matter, colored dissolved organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類
Hyperspectral Radiometry towards Classification of Marine Phytoplankton Groups

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3]
*Takafumi Hirata[1], Robert J.W. Brewin[2], Girgio Dall'Olmo[2], Mariana Altenburg Soppa[3], Astrid Bracher[3]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. プリマス海洋研究所、3. アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Plymouth Marine Laboratory, 3. Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research

Marine phytoplankton plays an essential role in marine ecosystems as a primary producer. Generally, a trophic transfer food chain via large-sized phytoplankton can be found in the oceans at higher latitudes and/or in coastal waters. On the other hand, a trophic transfer via middle- and/or small-sized phytoplankton can be found in the oceans at lower latitudes. As a first approximation, a cell size of phytoplankton is associated with taxonomic groups (e.g. diatoms are often large in size whereas cyanobacteria are usually small). In addition, phytoplankton in a taxonomic group often possesses a characteristic photosynthetic and/or photoprotective pigment(s) (e.g. diatoms contain fucoxanthin while cyanobacteria zeaxanthin). As a result, a taxonomic group are linked as a first approximation to a specific size class and a pigment(s), so that the groups may be inferred from the size and pigments. Both of the cell size distribution and the pigments affects optical, or spectral signature of phytoplankton. Hence, once the spectral signature of phytoplankton is obtained, their taxonomic detection/classification may be possible. In the present technology, a radiometric observation, either in situ or from space, enables the detection of the signature. Currently, it is an open question what, and how many, spectral bands are required for the accurate detection/classification of the phytoplankton, especially when phytoplankton taxonomic composition is complex and when other optically-active components interplay in the radiometric measurements. In this presentation, a preliminary result towards answering the question is presented using in situ hyperspectral radiometric measurements obtained in the Atlantic Ocean. Our result shows that radiometric measurements at many spectral bands are correlated with each other. While the correlation strength differs among spectral bands in question, radiometric measurements at these bands are correlated to the concentration of chlorophyll-a, a pigment commonly found in phytoplankton groups. The correlation with chlorophyll-a was even found at spectral bands where chlorophyll-a little absorbs the light. This may be due to another correlation between the chlorophyll-a concentration and other phytoplankton pigments, the latter of which absorb the light at the spectral band where chlorophyll-a does not. The pigment co-variation implies that a correlation between the radiometric measurements and any pigment concentration does not guarantee the optical detection of the pigment signature, and a more careful analysis is required when the radiometric measurements are analyzed.

キーワード：ハイパースペクトル、リモートセンシング 、植物プランクトン
Keywords: hyperspectral, remote sensing, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1]
*Toru Hirawake[1], Takuhei Shiozaki[2], Hisatomo Waga[1], Koji Suzuki[1]

1. 北海道大学、2. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. JAMSTEC

Net primary production (NPP) of phytoplankton is important to understand the global carbon cycle and marine ecosystem. While the majority of satellite NPP models use chlorophyll *a*(chl-*a*) concentration as a proxy of phytoplankton biomass, several NPP models use absorption coefficient of phytoplankton. An NPP models for Japanese new ocean color sensor, Second-generation GLobal Imager (SGLI), was developed based on the phytoplankton absorption to reduce estimation errors of chl-*a*due to pigment packaging and turbid water. However, sufficient validation in the open ocean has not been carried out. In this study, we obtained NPP data in the Pacific Ocean and compared with satellite-derived NPP applying the SGLI NPP model to MODIS data. The model overestimated the lower values of NPP less than 1000 mg m^2d^{-1}. Newly developed model considering response to daily averaged photosynthetically available radiation (PAR) showed better performance than previous one. However, bias and errors were still detected for a part of data. We will also discuss possibility of temperature dependency on this NPP model.

キーワード：海色リモートセンシング、基礎生産、植物プランクトン
Keywords: ocean color remote sensing, primary production, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み
Attempt to distinguish river water influencing concentration of chlorophyll *a* off Miho Peninsula

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2]
*Akihiko Tanaka[1], Kyoko Takashima[2], Gen Fukuda[2], Takaaki Katsumata[1], Hiroyuki Tan[1], Masato Niki[2], Daisuke Takahashi[2]

1. 東海大学清水教養教育センター、2. 東海大学海洋学部
1. Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus, Tokai University, 2. School of Marine Science and Technology, Tokai University

これまでの海色リモートセンシングによる観測の結果から，駿河湾内において東部よりも西部のほうが相対的に高いクロロフィルa濃度を示す．一因として，駿河湾に流入する大きな河川は，駿河湾の東側よりも西側に多く存在する．三保半島は，駿河湾西部に位置し，北には，富士川や興津川の河口があり，南には安部川の河口が存在する．三保半島の沖合においても，高いクロロフィルa濃度が観測される．海色リモートセンシングによるクロロフィルa濃度画像から，どの河川の影響でクロロフィルa濃度が高くなっているか経験的に判別できる場合がある一方で，クロロフィルa濃度画像だけでは，判別が困難な場合が存在する．駿河湾では，駿河湾フェリーが清水港と土肥港を一日4往復している．これまでに，駿河湾フェリーのAIS（Automatic Identification System, 自動船舶識別装置）情報から針路の法線方向の流れを推定できる可能性が示唆されている．駿河湾フェリーの航路はおよそ東西方向であるため，南北方向の流れを得ることができる．本研究では，駿河湾のクロロフィルa濃度画像に，AIS情報から推定した流れの情報を加えることによって，三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試みた．

キーワード：海色リモートセンシング、駿河湾、AIS
Keywords: Ocean color remote sensing, Suruga Bay, AIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

Estimation of chlorophyll-a from RGB digital camera data collected in Ise-Mikawa Bay

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1]
*Akiko N. Mizuno[1], Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

デジタルカメラデータのRGB表色系値を用いた、光合成生物と環境条件の調査方法は、この２０年間で様々な研究がなされてきた。例えば、海域ではスマートフォンカメラを用いた水質の推定(Leeuw and Boss 2018)や、航空写真からの海草植生の検出とクロロフィルa濃度の推定(Goddijn and White 2006)などがあるが、海洋域だけでなく陸域などさまざまな地域で調査のために活用される背景には、デジタルカメラの携帯性と利便性、低価格であることがあげられる。また、観測可能性が天候によって左右されることがないため、衛星観測に対する補助的、追加的な調査としてデジタルカメラの有用性は大きいと言える。本研究では、伊勢三河湾において撮影されたデジタルカメラ写真のRGB表色系値を解析することによって、クロロフィルa濃度の推定方法の構築を試みた。伊勢三河湾ではSeaWiFSおよびMODISデータを用いたクロロフィルa濃度の推定方法がHayashiら(2015)によってなされているが、デジタルカメラデータによる方法は構築されていない。

我々は、伊勢三河湾の観測航海によってクロロフィルa濃度、海表面、18%グレー版および天空のデジタルカメラ撮影写真、連続スペクトル分光放射計(RAMSES/TriOS)による海表面輝度および天空照度のスペクトルデータを採集した。デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の誤差は、海面反射、波長数の少なさ、データ圧縮やデジタル化による情報劣化など様々な要因によって生じると考えられる。本研究では海面反射について考察するため、分光放射計による海面輝度データは、海面反射の影響を最小に抑えることができるドーム法（Tanaka et al 2006）と、甲板上から撮影されたデジタルカメラデータと同条件で採集された甲板法の２種類を得、デジタルカメラデータのRGB表色系値と比較するためにCIE等色関数によってスペクトルデータをRGB値へと変換した（それぞれドーム法変換RGB値、甲板法変換RGB値とする）。デジタルカメラ写真のRGB値とは、甲板法変換RGB値の方が相関が高く、ドーム法とは関係性が低かった。また、甲板法変換RGB値によるクロロフィルa濃度推定の誤差が、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa濃度推定の誤差量とほとんど同じ大きさであったため、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の主な誤差要因は海面反射の影響が大きいことが推察された。

L.M. Goddijn; M White, Using a digital camera for water quality measurements in Galway Bay, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2006), 66, 429-436.

M. Hayashi; J. Ishizaka; M. Toratani; T. Nakamura; Y. Nakashima; S. Yamada; Evaluation and Improvement of MODIS and SeaWIFS-derived Chlorophyll a Concentration in Ise-Mikawa Bay, Journal of The Remote Sensing Society of Japan (2015), 35, 245-259.

T. Leeuw; E. Boss, The HydroColor App: Above Water Measurements of Remote Sensing Reflectance and Turbidity Using a Smartphone Camera, Sensors (2018), 18, 256-271.A. Tanaka; H. Sasaki; J. Ishizaka, Alternative measuring method for water-leaving radiance using a radiance sensor with a domed cover,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optics Express(2006), 14(8), 3099-3105

キーワード：沿岸域、クロロフィルa濃度推定、RGB値、デジタルカメラ写真、海面反射
Keywords: Coastal region, Estimation of Chl.a concentration, RGB values, digital camera image, sea surface reflection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1], Joji Ishizaka[2], Joaquim I. Goes[3], Hongzhen Tian[4], Elígio R. Maúre[5], Masataka Hayashi[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 2. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 3. Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US., 4. School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China., 5. Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan., 6. Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.

Red tide occurs more frequently in the Ariake Bay since 1990s, and it has greatly damaged the local fisheries, especially the nori farms. Increase of water transparency and reduction of tidal currents were also reported recently, and they may be related to the increase of the frequency of red tides. It is also reported that another cause of the red tide is the river discharge. Satellite remote sensing is suggested to be used to monitor the red tide. In this study, the newly developed MODIS-derived chlorophyll-a (Chl-a) and total suspended matter (TSM) was used to investigate the relationship between Chl-a and TSM and the seasonal variations of influences of spring-neap tides and river discharge. We observed that 1) high Chl-a (>5 mg m^{-3}) and high TSM (>5 g m^{-3}) were generally distributed in the areas off Saga, Kumamoto and Yatsushiro, and Isahaya Bay where the main river systems discharge the fresh water; 2) the magnitude of Chl-a was highest in summer, and decreased gradually from autumn to spring, which corresponded to the amount of river discharge which concentrates in summer and early autumn (June-September); 3) in the spring-neap tidal cycle, TSM was much higher in neap to spring (NS) and spring (S) tide than in spring to neap (SN) and neap (N) tide, which was consistent with the tidal suspension. On the other hand, Chl-a was often increased after high river discharge peak and the variation of Chl-a was small when the river discharge peak was small, indicating that the variation of Chl-a was mainly influenced by the river discharge. The variation of TSM in the spring-neap tidal cycle was mainly regulated by the tidal suspension, whereas the variation of Chl-a was more controlled by the river discharge than the tidal resuspension.

Keywords: MODIS, chlorophyll-a, total suspended matter, seasonal variability, spring-neap tides, river discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1], Joji Ishizaka[2], Anukul Buranapratheprat[3], Jitraporn Phaksopa[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 3. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 4. Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

Green *Noctiluca scintillans*, the peculiar single cellular heterotrophic organism containing green algae called *Pedinomonas noctilucae*, frequently causes harmful algal bloom (HAB) in the upper Gulf of Thailand (uGoT). The high density of green *Noctiluca* discolors the water to deep milky green, and it has the potential to generate low dissolved oxygen (hypoxia) in the water column resulting in massive fish mortality. The co-occurrence of green Noctiluca and other phytoplankton species (e.g., *Ceratium furca* and diatoms) was often reported. Heretofore, the behavior of red tides has not been clarified. In this study, we, therefore, focus on investigating the dominant spectral characteristics of each HAB species and developing an algorithm to discriminate green *Noctiluca* from the other harmful species. The ship observations (2017 –2018) were conducted to obtain the apparent and inherent optical properties as well as the pigment information of green *Noctiluca* blooms. Fortunately, the super green *Noctiluca* blooms (>1,500,000 cell L^{-1}) occurred near the west coast of the uGoT in July 2017. The remote sensing reflectance spectra measured by using the RAMSES hyperspectral radiometer (320 nm –950 nm) revealed the crucial features of green *Noctiluca* in near-infrared wavelengths. The different characteristics of green *Noctiluca* and other HAB species were also found in visible wavelengths. The investigated features were used in the discrimination method to detect the green *Noctiluca* bloom using satellite observation in the near future.

Keywords: green Noctiluca, the upper Gulf of Thailand, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand

*Dudsadee Leenawarat[1], Anukul Buranapratheprat[2], Joji Ishizaka[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan, 2. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

The Gulf of Thailand (GoT) is semi-enclosed sea located in the western part of the South China Sea. This area is important to fisheries production in this region. The satellite data can reveal the primary production through chlorophyll-a (Chl-a) which is basic for the food chain. The objectives of this study are to investigate the variation and spatial distribution patterns of Chl-a in the GoT by using long-term satellite data from SeaWiFS (1997-2010), MERIS (2002-2012), MODIS AQUA (2002-2018), and VIIRS (2012-2018) level 3 compared with oceanographic conditions from previous study and circulation model name Princeton Ocean Model (POM). Tide and climatological data of wind, salinity, temperature and river discharge are forcing in the model. The results from averaged monthly Chl-a concentration in the central GoT illustrate low Chl-a concentration occurred in transition periods (April-May, and October) by lowest in May when the water column was stratified. High Chl-a concentration occurred during the northeast monsoon (November to February) with the highest in December when the water column was well mixed, and a small peak was found during June to August. Hight Chl-a was found along the coast, especially near the northern coast in the southwest monsoon (June to October). During the northeast monsoon Chl-a near cape CaMau spread offshore, due to strong surface currents flew into GoT from the southern part of cape CaMau to the middle of GoT mouth.

Keywords: Gulf of Thailand, Chlorophyll-a, Variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1], Joji Ishizaka[2], Mengmeng Yang[1], Naoki Fujii[3], Masahiro Hori[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Graduate School of Agriculture, Saga University, 4. EORC, JAXA

The AERONET (**AE**rosol **RO**botic **NET**work) project is a federation of ground-based remote sensing aerosol networks established by **NASA** and **PHOTONS** and is greatly expanded by networks from national agencies, institutes, universities, individual scientists. AERONET –Ocean Color (AERONET-OC) provides the additional capability of measuring the radiance emerging from the sea. In April 2018, a new station of AERONET-OC has been set by JAXA for GCOM-C validation in Ariake Bay located in Kyusyu, Japan where the seaweed (Nori) culture very famous. Aerosol Optical Depth (AOD) and remote sensing reflectance (Rrs) is considered as the most important products of AERONET-OC since the estimation of chlorophyll-a concentration by ocean color satellite is usually not so accurate in coastal areas because of the inaccurate satellite remote sensing reflectance (Rrs) influenced by aerosol. This study is to make a brief description of the time series of the AERONET-OC data from April 2018 to April 2019. Local Chl-a and TSM estimated by using radiances measured by the AERONET-OC is going to use to explain the phytoplankton bloom connect with factors such as precipitation and river discharge in Ariake Bay.

Keywords: chlorophyll-a, remote sensing reflectance, AERONET-OC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 A (大気水圏科学)：A-CG 大気海洋・環境科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_19

[A-CG45] 水圏科学における可視域リモートセンシングとその応用

コンビーナ:石坂 丞二(名古屋大学宇宙地球環境研究所)、虎谷 充浩(東海大学工学部)、作野 裕司(広島大学大学院工学研究科)、平譯 享(北海道大学大学院水産科学研究院)

現在、水圏科学において様々な可視域リモートセンシングのデータが利用可能になってきている。例えば、海色ではOCTS-SeaWiFS-MODISなど1km解像度のセンサーによる20年間にわたる長期データがある。2017年末には日本のJAXAが250m解像度のSGLI (しきさい)を打ち上げ、300m解像度のヨーロッパのOLCIと合わせることによって高解像度・高頻度の観測が可能となった。さらに韓国のGOCIのような静止衛星のデータも利用できるようになってきている。センサーの多様化だけでなく、利用可能なデータの種類も、植物プランクトン色素であるクロロフィルaだけでなく、基礎生産や植物プランクトン群集組成などに広がりつつある他、植物プランクトン以外の物質や光学的特性についても利用可能となっている。これらの海色衛星データは、さらに高解像度のLANDSATや高頻度観測可能なHimawariのデータと合わせることによって、様々の分野に幅広く応用されている。このセッションでは、水圏科学における様々な可視域リモートセンシングの観測や応用について議論したい。

[ACG45-P01] GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介

*緒方 一紀[1] (1.国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構)

[ACG45-P02] GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証

*石坂 丞二[1] (1.名古屋大学宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P03] ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3] (1.北海道大学地球環境科学研究院、2.プリマス海洋研究所、3.アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所)

[ACG45-P04] Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1] (1.北海道大学、2.海洋研究開発機構)

[ACG45-P05] 三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2] (1.東海大学清水教養教育センター、2.東海大学海洋学部)

[ACG45-P06] 伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1] (1.名古屋大学　宇宙地球環境研究所)

[ACG45-P07] Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1]、Joji Ishizaka[2]、Joaquim I. Goes[3]、Hongzhen Tian[4]、Elígio R. Maúre[5]、Masataka Hayashi[6] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、2.Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan.、3.Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US.、4.School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China.、5.Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan.、6.Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.)

[ACG45-P08] Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1]、Joji Ishizaka[2]、Anukul Buranapratheprat[3]、Jitraporn Phaksopa[4] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Institute for Space-Earth Environmental

Research, Nagoya University, Japan、3.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、4.Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand)

[ACG45-P09] **Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand**

*Dudsadee Leenawarat[1]、Anukul Buranapratheprat[2]、Joji Ishizaka[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan、2.Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand、3.Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan)

[ACG45-P10] AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1]、Joji Ishizaka[2]、Mengmeng Yang[1]、Naoki Fujii[3]、Masahiro Hori[4] (1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University、3. Graduate School of Agriculture, Saga University、4.EORC, JAXA)

GCOM-C/SGLI海洋標準プロダクトの紹介
About GCOM-C/SGLI Ocean Standard Products

*緒方 一紀[1]
*Kazunori Ogata[1]

1. 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
1. Japan Aerospace Exploration Agency

地球観測変動観測ミッションにおいて気候変動を観測する衛星 (Global Change Observation Mission-Climate: GCOM-C)「しきさい」が2017年12月23日にJAXAにより打ち上げられた。しきさいには多波長光学放射計 (Second Generation Global Imager : SGLI)が搭載されており、近紫外から熱赤外 (波長: 380nm ~ 12um) を19チャンネルで観測する。

SGLIの海洋標準プロダクトは７つのパラメータと２つの処理レベルから成る。パラメータは波長380、412、443、490、530、 565と673.5nmの海水射出放射輝度 (NWLR) [W/m^2/sr/um]、波長673.5と868.5nmのエアロゾル光学的厚さ (TAUA) [-], 光合成有効放射量(PAR) [Ein/m^2/day]、懸濁物質濃度 (TSM) [g/m^3]、波長412nmの有色溶存有機物吸光係数 (CDOM) [m^-1] から成る。処理レベルは空間解像度と時間解像度によってLevele-2とLevel-3に分けられる。

打ち上げから約1年を経て、全ての海洋標準プロダクトがリリース基準の精度を達成し、JAXA G-Portalから2018年12月20日より提供が開始された。

キーワード：GCOM-C、SGLI、海色、海面水温、リモートセンシング
Keywords: GCOM-C, SGLI, Ocean color, SST, Remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

GCOM-C/SGLIの沿岸域での検証
Verification of GCOM-C/SGLI product in coastal area

*石坂 丞二[1]
*Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

2017年12月にGCOM-C/SGLIが打ちあがり、2018年12月からデータ公開が開始された。2018年中に東シナ海、伊勢湾、有明海等で、検証用のリモートセンシング反射率、クロロフィルa等のデータを取得したため、本発表では特に沿岸域での精度の検証を行った結果を発表する。

キーワード：海色衛星検証、沿岸域、クロロフィルa、リモートセンシング反射率、懸濁物、海色溶存有機物
Keywords: validation of ocean color data, coastal area, chlorophyll-a, remote sensing reflectance, suspended matter, colored dissolved organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ハイパースペクトル放射観測と海洋の植物プランクトン分類
Hyperspectral Radiometry towards Classification of Marine Phytoplankton Groups

*平田 貴文[1]、Robert Brewin[2]、Girgio Dall'Olmo[2]、Soppa Mariana[3]、Astrid Bracher[3]
*Takafumi Hirata[1], Robert J.W. Brewin[2], Girgio Dall'Olmo[2], Mariana Altenburg Soppa[3], Astrid Bracher[3]

1. 北海道大学地球環境科学研究院、2. プリマス海洋研究所、3. アルフレッドウェゲナー極域海洋研究所
1. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 2. Plymouth Marine Laboratory, 3. Alfred-Wegener Institute for Polar and Marine Research

Marine phytoplankton plays an essential role in marine ecosystems as a primary producer. Generally, a trophic transfer food chain via large-sized phytoplankton can be found in the oceans at higher latitudes and/or in coastal waters. On the other hand, a trophic transfer via middle- and/or small-sized phytoplankton can be found in the oceans at lower latitudes. As a first approximation, a cell size of phytoplankton is associated with taxonomic groups (e.g. diatoms are often large in size whereas cyanobacteria are usually small). In addition, phytoplankton in a taxonomic group often possesses a characteristic photosynthetic and/or photoprotective pigment(s) (e.g. diatoms contain fucoxanthin while cyanobacteria zeaxanthin). As a result, a taxonomic group are linked as a first approximation to a specific size class and a pigment(s), so that the groups may be inferred from the size and pigments. Both of the cell size distribution and the pigments affects optical, or spectral signature of phytoplankton. Hence, once the spectral signature of phytoplankton is obtained, their taxonomic detection/classification may be possible. In the present technology, a radiometric observation, either in situ or from space, enables the detection of the signature. Currently, it is an open question what, and how many, spectral bands are required for the accurate detection/classification of the phytoplankton, especially when phytoplankton taxonomic composition is complex and when other optically-active components interplay in the radiometric measurements. In this presentation, a preliminary result towards answering the question is presented using in situ hyperspectral radiometric measurements obtained in the Atlantic Ocean. Our result shows that radiometric measurements at many spectral bands are correlated with each other. While the correlation strength differs among spectral bands in question, radiometric measurements at these bands are correlated to the concentration of chlorophyll-a, a pigment commonly found in phytoplankton groups. The correlation with chlorophyll-a was even found at spectral bands where chlorophyll-a little absorbs the light. This may be due to another correlation between the chlorophyll-a concentration and other phytoplankton pigments, the latter of which absorb the light at the spectral band where chlorophyll-a does not. The pigment co-variation implies that a correlation between the radiometric measurements and any pigment concentration does not guarantee the optical detection of the pigment signature, and a more careful analysis is required when the radiometric measurements are analyzed.

キーワード：ハイパースペクトル、リモートセンシング 、植物プランクトン
Keywords: hyperspectral, remote sensing, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Improvement of absorption-based primary production model for SGLI/GCOM-C

*平譯 享[1]、塩崎 拓平[2]、和賀 久朋[1]、鈴木 光次[1]
*Toru Hirawake[1], Takuhei Shiozaki[2], Hisatomo Waga[1], Koji Suzuki[1]

1. 北海道大学、2. 海洋研究開発機構
1. Hokkaido University, 2. JAMSTEC

Net primary production (NPP) of phytoplankton is important to understand the global carbon cycle and marine ecosystem. While the majority of satellite NPP models use chlorophyll *a*(chl-*a*) concentration as a proxy of phytoplankton biomass, several NPP models use absorption coefficient of phytoplankton. An NPP models for Japanese new ocean color sensor, Second-generation GLobal Imager (SGLI), was developed based on the phytoplankton absorption to reduce estimation errors of chl-*a*due to pigment packaging and turbid water. However, sufficient validation in the open ocean has not been carried out. In this study, we obtained NPP data in the Pacific Ocean and compared with satellite-derived NPP applying the SGLI NPP model to MODIS data. The model overestimated the lower values of NPP less than 1000 mg m^2d^{-1}. Newly developed model considering response to daily averaged photosynthetically available radiation (PAR) showed better performance than previous one. However, bias and errors were still detected for a part of data. We will also discuss possibility of temperature dependency on this NPP model.

キーワード：海色リモートセンシング、基礎生産、植物プランクトン
Keywords: ocean color remote sensing, primary production, phytoplankton

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試み
Attempt to distinguish river water influencing concentration of chlorophyll *a* off Miho Peninsula

*田中 昭彦[1]、高嶋 恭子[2]、福田 厳[2]、勝間田 高明[1]、丹 佑之[1]、仁木 将人[2]、高橋 大介[2]
*Akihiko Tanaka[1], Kyoko Takashima[2], Gen Fukuda[2], Takaaki Katsumata[1], Hiroyuki Tan[1], Masato Niki[2], Daisuke Takahashi[2]

1. 東海大学清水教養教育センター、2. 東海大学海洋学部
1. Liberal Arts Education Center, Shimizu Campus, Tokai University, 2. School of Marine Science and Technology, Tokai University

これまでの海色リモートセンシングによる観測の結果から，駿河湾内において東部よりも西部のほうが相対的に高いクロロフィルa濃度を示す．一因として，駿河湾に流入する大きな河川は，駿河湾の東側よりも西側に多く存在する．三保半島は，駿河湾西部に位置し，北には，富士川や興津川の河口があり，南には安部川の河口が存在する．三保半島の沖合においても，高いクロロフィルa濃度が観測される．海色リモートセンシングによるクロロフィルa濃度画像から，どの河川の影響でクロロフィルa濃度が高くなっているか経験的に判別できる場合がある一方で，クロロフィルa濃度画像だけでは，判別が困難な場合が存在する．駿河湾では，駿河湾フェリーが清水港と土肥港を一日4往復している．これまでに，駿河湾フェリーのAIS（Automatic Identification System, 自動船舶識別装置）情報から針路の法線方向の流れを推定できる可能性が示唆されている．駿河湾フェリーの航路はおよそ東西方向であるため，南北方向の流れを得ることができる．本研究では，駿河湾のクロロフィルa濃度画像に，AIS情報から推定した流れの情報を加えることによって，三保半島沖のクロロフィルa濃度に影響する河川水の判別を試みた．

キーワード：海色リモートセンシング、駿河湾、AIS
Keywords: Ocean color remote sensing, Suruga Bay, AIS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

伊勢三河湾におけるデジタルカメラ写真のRGB値を用いたクロロフィルa濃度の推定

Estimation of chlorophyll-a from RGB digital camera data collected in Ise-Mikawa Bay

*水野 晃子[1]、石坂 丞二[1]
*Akiko N. Mizuno[1], Joji Ishizaka[1]

1. 名古屋大学　宇宙地球環境研究所
1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

デジタルカメラデータのRGB表色系値を用いた、光合成生物と環境条件の調査方法は、この２０年間で様々な研究がなされてきた。例えば、海域ではスマートフォンカメラを用いた水質の推定(Leeuw and Boss 2018)や、航空写真からの海草植生の検出とクロロフィルa濃度の推定(Goddijn and White 2006)などがあるが、海洋域だけでなく陸域などさまざまな地域で調査のために活用される背景には、デジタルカメラの携帯性と利便性、低価格であることがあげられる。また、観測可能性が天候によって左右されることがないため、衛星観測に対する補助的、追加的な調査としてデジタルカメラの有用性は大きいと言える。本研究では、伊勢三河湾において撮影されたデジタルカメラ写真のRGB表色系値を解析することによって、クロロフィルa濃度の推定方法の構築を試みた。伊勢三河湾ではSeaWiFSおよびMODISデータを用いたクロロフィルa濃度の推定方法がHayashiら(2015)によってなされているが、デジタルカメラデータによる方法は構築されていない。

我々は、伊勢三河湾の観測航海によってクロロフィルa濃度、海表面、18%グレー版および天空のデジタルカメラ撮影写真、連続スペクトル分光放射計(RAMSES/TriOS)による海表面輝度および天空照度のスペクトルデータを採集した。デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の誤差は、海面反射、波長数の少なさ、データ圧縮やデジタル化による情報劣化など様々な要因によって生じると考えられる。本研究では海面反射について考察するため、分光放射計による海面輝度データは、海面反射の影響を最小に抑えることができるドーム法（Tanaka et al 2006）と、甲板上から撮影されたデジタルカメラデータと同条件で採集された甲板法の２種類を得、デジタルカメラデータのRGB表色系値と比較するためにCIE等色関数によってスペクトルデータをRGB値へと変換した（それぞれドーム法変換RGB値、甲板法変換RGB値とする）。デジタルカメラ写真のRGB値とは、甲板法変換RGB値の方が相関が高く、ドーム法とは関係性が低かった。また、甲板法変換RGB値によるクロロフィルa濃度推定の誤差が、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa濃度推定の誤差量とほとんど同じ大きさであったため、デジタルカメラ写真によるクロロフィルa推定の主な誤差要因は海面反射の影響が大きいことが推察された。

L.M. Goddijn; M White, Using a digital camera for water quality measurements in Galway Bay, Estuarine, Coastal and Shelf Science (2006), 66, 429-436.

M. Hayashi; J. Ishizaka; M. Toratani; T. Nakamura; Y. Nakashima; S. Yamada; Evaluation and Improvement of MODIS and SeaWIFS-derived Chlorophyll a Concentration in Ise-Mikawa Bay, Journal of The Remote Sensing Society of Japan (2015), 35, 245-259.

T. Leeuw; E. Boss, The HydroColor App: Above Water Measurements of Remote Sensing Reflectance and Turbidity Using a Smartphone Camera, Sensors (2018), 18, 256-271.A. Tanaka; H. Sasaki; J. Ishizaka, Alternative measuring method for water-leaving radiance using a radiance sensor with a domed cover,

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Optics Express(2006), 14(8), 3099-3105

キーワード：沿岸域、クロロフィルa濃度推定、RGB値、デジタルカメラ写真、海面反射
Keywords: Coastal region, Estimation of Chl.a concentration, RGB values, digital camera image, sea surface reflection

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seasonal variability of MODIS chlorophyll-a and total suspended matter in the spring-neap tidal cycle in the Ariake Bay, Japan

*Mengmeng Yang[1], Joji Ishizaka[2], Joaquim I. Goes[3], Hongzhen Tian[4], Elígio R. Maúre[5], Masataka Hayashi[6]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 2. Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE) Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi, Japan., 3. Lamont-Doherty Earth Observatory, Marine Biology and Paleo Environment, Columbia University, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, US., 4. School of Management and Economy, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China., 5. Dept. of Research and Study, Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, Toyama, Japan., 6. Science and Technology co., Ltd., 3-9-2, Koubai-cho, Showa, Nagoya, Aichi 466-0031, Japan.

Red tide occurs more frequently in the Ariake Bay since 1990s, and it has greatly damaged the local fisheries, especially the nori farms. Increase of water transparency and reduction of tidal currents were also reported recently, and they may be related to the increase of the frequency of red tides. It is also reported that another cause of the red tide is the river discharge. Satellite remote sensing is suggested to be used to monitor the red tide. In this study, the newly developed MODIS-derived chlorophyll-a (Chl-a) and total suspended matter (TSM) was used to investigate the relationship between Chl-a and TSM and the seasonal variations of influences of spring-neap tides and river discharge. We observed that 1) high Chl-a (>5 mg m^{-3}) and high TSM (>5 g m^{-3}) were generally distributed in the areas off Saga, Kumamoto and Yatsushiro, and Isahaya Bay where the main river systems discharge the fresh water; 2) the magnitude of Chl-a was highest in summer, and decreased gradually from autumn to spring, which corresponded to the amount of river discharge which concentrates in summer and early autumn (June-September); 3) in the spring-neap tidal cycle, TSM was much higher in neap to spring (NS) and spring (S) tide than in spring to neap (SN) and neap (N) tide, which was consistent with the tidal suspension. On the other hand, Chl-a was often increased after high river discharge peak and the variation of Chl-a was small when the river discharge peak was small, indicating that the variation of Chl-a was mainly influenced by the river discharge. The variation of TSM in the spring-neap tidal cycle was mainly regulated by the tidal suspension, whereas the variation of Chl-a was more controlled by the river discharge than the tidal resuspension.

Keywords: MODIS, chlorophyll-a, total suspended matter, seasonal variability, spring-neap tides, river discharge

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Discrimination of green *Noctiluca scintillans* in the upper Gulf of Thailand using remote sensing techniques

*Jutarak Luang-on[1], Joji Ishizaka[2], Anukul Buranapratheprat[3], Jitraporn Phaksopa[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, 3. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 4. Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

Green *Noctiluca scintillans*, the peculiar single cellular heterotrophic organism containing green algae called *Pedinomonas noctilucae*, frequently causes harmful algal bloom (HAB) in the upper Gulf of Thailand (uGoT). The high density of green *Noctiluca* discolors the water to deep milky green, and it has the potential to generate low dissolved oxygen (hypoxia) in the water column resulting in massive fish mortality. The co-occurrence of green Noctiluca and other phytoplankton species (e.g., *Ceratium furca* and diatoms) was often reported. Heretofore, the behavior of red tides has not been clarified. In this study, we, therefore, focus on investigating the dominant spectral characteristics of each HAB species and developing an algorithm to discriminate green *Noctiluca* from the other harmful species. The ship observations (2017 –2018) were conducted to obtain the apparent and inherent optical properties as well as the pigment information of green *Noctiluca* blooms. Fortunately, the super green *Noctiluca* blooms (>1,500,000 cell L^{-1}) occurred near the west coast of the uGoT in July 2017. The remote sensing reflectance spectra measured by using the RAMSES hyperspectral radiometer (320 nm –950 nm) revealed the crucial features of green *Noctiluca* in near-infrared wavelengths. The different characteristics of green *Noctiluca* and other HAB species were also found in visible wavelengths. The investigated features were used in the discrimination method to detect the green *Noctiluca* bloom using satellite observation in the near future.

Keywords: green Noctiluca, the upper Gulf of Thailand, remote sensing

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Monthly variability of Chlorophyll-a distribution in the Gulf of Thailand

*Dudsadee Leenawarat[1], Anukul Buranapratheprat[2], Joji Ishizaka[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan, 2. Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand, 3. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan

The Gulf of Thailand (GoT) is semi-enclosed sea located in the western part of the South China Sea. This area is important to fisheries production in this region. The satellite data can reveal the primary production through chlorophyll-a (Chl-a) which is basic for the food chain. The objectives of this study are to investigate the variation and spatial distribution patterns of Chl-a in the GoT by using long-term satellite data from SeaWiFS (1997-2010), MERIS (2002-2012), MODIS AQUA (2002-2018), and VIIRS (2012-2018) level 3 compared with oceanographic conditions from previous study and circulation model name Princeton Ocean Model (POM). Tide and climatological data of wind, salinity, temperature and river discharge are forcing in the model. The results from averaged monthly Chl-a concentration in the central GoT illustrate low Chl-a concentration occurred in transition periods (April-May, and October) by lowest in May when the water column was stratified. High Chl-a concentration occurred during the northeast monsoon (November to February) with the highest in December when the water column was well mixed, and a small peak was found during June to August. Hight Chl-a was found along the coast, especially near the northern coast in the southwest monsoon (June to October). During the northeast monsoon Chl-a near cape CaMau spread offshore, due to strong surface currents flew into GoT from the southern part of cape CaMau to the middle of GoT mouth.

Keywords: Gulf of Thailand, Chlorophyll-a, Variability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AERONET-Ocean Color time series in Ariake Bay.

*yifei wu[1], Joji Ishizaka[2], Mengmeng Yang[1], Naoki Fujii[3], Masahiro Hori[4]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 3. Graduate School of Agriculture, Saga University, 4. EORC, JAXA

The AERONET (**AE**rosol **RO**botic **NET**work) project is a federation of ground-based remote sensing aerosol networks established by **NASA** and **PHOTONS** and is greatly expanded by networks from national agencies, institutes, universities, individual scientists. AERONET –Ocean Color (AERONET-OC) provides the additional capability of measuring the radiance emerging from the sea. In April 2018, a new station of AERONET-OC has been set by JAXA for GCOM-C validation in Ariake Bay located in Kyusyu, Japan where the seaweed (Nori) culture very famous. Aerosol Optical Depth (AOD) and remote sensing reflectance (Rrs) is considered as the most important products of AERONET-OC since the estimation of chlorophyll-a concentration by ocean color satellite is usually not so accurate in coastal areas because of the inaccurate satellite remote sensing reflectance (Rrs) influenced by aerosol. This study is to make a brief description of the time series of the AERONET-OC data from April 2018 to April 2019. Local Chl-a and TSM estimated by using radiances measured by the AERONET-OC is going to use to explain the phytoplankton bloom connect with factors such as precipitation and river discharge in Ariake Bay.

Keywords: chlorophyll-a, remote sensing reflectance, AERONET-OC

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_4

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性
Possible submarine landslides as sources of the 2018 Sulawesi tsunami

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2]
*Kenji Nakata[1], Akio Katsumata[1], Abdul Muhari[2]

1. 気象庁気象研究所地震津波研究部、2. インドネシア海洋水産省
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

Muhari et al. (2018) は、2018年9月28日のMw7.5のスラウェシ島の地震後に同島パル湾沿岸を襲った津波について、潮位観測記録、ビデオ、浸水距離、現地調査の被害の状況などから、津波はパル湾の内側で発生したという仮説を立てた。さらにArikawa et al. (2018) は、沿岸地域での沈降が津波に関係している可能性とパル湾の入り口で津波が高くないということを指摘した。Heidarzadeh et al. (2018) は、USGSの有限断層モデルにより潮位記録を表せるとした一方で、現地調査で言われているような、巨大な津波を発生させる海底地滑りの可能性にも言及している。本研究では、海底地滑りによりパル湾の津波が発生したと想定し、潮位記録の波形を説明できる海底地滑りのありうる位置とサイズ、水深の浅い場所で津波が発生する必要性を津波シミュレーションで調査した。

数値計算の結果、観測された津波の周期を表すためには、水深の浅い場所に津波波源が必要なことが分かった。観測波形に合う津波を発生させた可能性の高い場所は、湾内の3か所で得られた。流動性を変化させて地滑り波源を計算することにより、観測された潮位記録を説明するためには、低い流動性のパル湾沿岸での海底地滑りを津波波源として想定する必要があることが分かった。

キーワード：2018年スラウェシ島の地震、海底地滑り、津波シミュレーション
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake, submarine landslide, tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2015年鳥島地震の津波データ同化
Tsunami Data Assimilation of the 2015 Torishima Earthquake

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2]
*Yuchen Wang[1], Kenji Satake[1], Osamu Sandanbata[1], Takuto Maeda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

The 2015 Torishima earthquake (M5.9) occurred at the Smith caldera, on May 2, 2015. It had a CLVD-type focal mechanism and generated larger tsunami waves compared to its seismic magnitude (Sandanbata et al., 2018). Therefore, it was regarded as a ‘volcanic tsunami earthquake’ –a tsunami earthquake with volcanic origin. The tsunami reached Hachijo Island, Boso Peninsula and Shikoku Island, and were recorded by tide gauges and ocean bottom pressure gauges (Kubota, 2018). Fukao et al. (2018) proposed an opening horizontal sill model to explain its origin. The abnormal mechanism makes it difficult to forecast tsunami from its seismic magnitude.
Tsunami data assimilation forecasts the tsunami by assimilating offshore observed data into a numerical simulation, without the need of calculating the initial sea surface height at the source (Maeda et al., 2015). In the Nankai region, the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) records the water pressure and has real-time data transmission. Synthetic experiments showed that this observational system was able to forecast the waveforms at Shikoku Island by tsunami data assimilation approach (Wang et al., 2018). Here, we performed this method to retroactively forecast the tsunami of the 2015 Torishima earthquake. We assimilated the observations of 16 DONET stations and two ocean bottom gauges off Muroto. The tsunami waveforms at the tide gauges Tosashimizu and Kushimoto were forecasted, and compared with the actual records.
The comparison between forecasted and observed waveforms at two tide gauges suggested that our method could forecast the tsunami amplitudes and arrival time accurately. The tsunami warning could be issued to local residents of Shikoku Island more than one hour before its arrival. Our method is merely based on offshore observations, and could be implemented for future tsunami warning systems.

キーワード：津波データ同化、津波予測、鳥島地震
Keywords: Tsunami Data Assimilation, Tsunami Forecasting, Torishima Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発
Method for real-time estimation of tsunami sources using a network of dense ocean bottom pressure sensors

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2]
*Mayu Inoue[1], Yuichiro Tanioka[1], Yusuke Yamanaka[2]

1. 北海道大学、2. 東京大学
1. Hokkaido University, 2. The University of Tokyo

2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)が引き起こした津波は，東北地方の沿岸地域に大きな被害をもたらした．その後，防災科学技術研究所(NIED)によって，北海道沖から房総沖に日本海溝海底地震津波観測網(S-net)と呼ばれる海底観測網が設置された．近年，様々な研究者によってS-netで観測される津波波形を用いた津波即時予測手法が開発されている．しかし，それらの手法は専門家しか扱うことのできない難しい解析を必要としている．本研究では，高度な解析を行うことなく，S-netで観測された水圧観測記録のみを用いて津波波源域の位置と規模を即時的に推定する簡単な手法を開発することを目的とする．北海道太平洋沖のプレート境界型巨大地震によって発生する大津波を対象とする．プレート境界に沿ってM8.0からM8.8クラスの断層モデルを，位置や深さを変えながら想定し津波数値計算を行った．断層の大きさは先行研究で示されている4つのスケーリング則を用いた．S-net観測点の位置で計算される津波波形を，水圧波形に変換して観測波形として使用した．地震発生から500秒以内の観測波形を以下の3種類に分類して津波波源域の推定を試みた．①地震発生と同時に水圧の変化が下がり，回復しない波形，②水圧が最初に上昇し，のちに降下するまで1つの波が500秒間に完全に入っている波形，③それ以外の波形，の3種類である．①の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域内に含まれており，②の波形が観測されたS-net観測点は波源域内ではなく，その近傍に位置しており，③の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域から遠くに位置していた．これら3種類に分類した波形を用いることで，津波波源域を推定することができた．次に，推定した津波波源域から，地震の規模の推定を行った．津波波源域の面積を計算すると，規模は波源域の面積からおおよそ予想できることがわかった．規模の推定誤差を計算するために，推定した波源域の面積すべてのデータから標準偏差を求め，誤差範囲を計算した．規模はM±0.08の推定誤差で求められることがわかった．最後に，提案した予測手法を1952年十勝沖地震と1968年十勝沖地震に適用し，正確に予測できるか検証した．どちらの地震も，津波波源域と規模を良く推定することができた．本研究で提案した予測手法は，津波即時予測の一部として，津波波源域と規模の推定に役立つことが期待される．

キーワード：津波予測、S-net
Keywords: Tsunami forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用
Application of AI Technology for Tsunami Prediction by Oceanographic Radar

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2]
*hiromu yokosu[1], Yoshihito - Tanaka[1], Kenji - hayashi[2], Kentarou - Uehara[2]

1. 中部電力株式会社、2. 一般財団法人日本気象協会
1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Japan Weather Association

浜岡原子力発電所では、津波を早期検知するため、海洋レーダ（HFレーダ）を設置し40km程度沖合までの海面流速を約1分毎に観測している。津波発生時にはその接近状況を捉え、到達する津波を予測することが期待される。

海洋レーダ観測では、広範囲の流速分布状況を一度に捉え、数値化した結果が得られる。津波の接近における流速の分布状況から、AI技術を用いた画像認識手法による津波予測について検討を行った。画像認識手法はAlexNet（畳み込みニューラルネットワーク）を用いた。津波の予測においては、「津波高（第一波）」および「到達時間」が重要であるため、津波高を1m間隔（津波高10m以下）もしくは2m間隔（津波高10m以上22m以下）、到達時間を1分間隔（1分~22分）とした374区分に分類し、画像認識手法で津波がどの区分に分類されるか、その正解率を検証した。

津波データには、浜岡原子力発電所に最も影響が大きい南海トラフを震源域とした地震による5千ケース超の津波シミュレーション結果を用いたが、大規模津波はケース数が少ないことから、秒単位のデータを用いる等を工夫した。またAlexNetはカラー画像（RGB）が扱えるため、学習データに3ステップ分の流速変化（現在時刻、現在時刻1分前、現在時刻2分前）をR,G,Bに適用することで、流速の時系列および位置情報等、規則性を反映することができ、画像変化（流速分布の変化）の特徴を捉えやすくした。

津波の規模は様々であるが、浜岡原子力発電所では、大規模津波（津波高10m以上）を予測することが重要であるため、ここでは「津波高10m以上」を対象とした結果を記す。全データのうち学習データとは異なるデータ（検証データ）を用いてAI予測の検証を実施した。学習データと検証データの割合は、それぞれ約80%、約20%とした。正解率は約77%であったが、時間についての前後1区分（到達時間±1分）を許容した場合、正解率は約94%と各段に向上し、本画像認識手法では到達時間より津波高の誤差が小さいと言える。

キーワード：津波予測、海洋レーダ、AI、AlexNet
Keywords: tsunami prediction, oceanographic radar, AI, AlexNet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1], Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Hye-Won Lee[1], Duk Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Tsunami is a long-wave caused by earthquakes, submarine volcanoes or coastal landslides. The Korean Peninsula experienced tsunami damage followed by 1983 and 1993 Japan earthquakes. To respond to possible tsunamis in the surrounding seas, the Korea Meteorological Administration has operated tsunami warning system based on tsunami scenario database. Tsunami scenario database was constructed with the results (tsunami height and arrival time) of simulating tsunami assuming virtual earthquakes at each grid point spacing with 0.2˚ interval in surrounding seas of the Korean peninsula(120˚~142˚E, 25˚~45˚N) . Earthquakes were assumed with magnitude 6.0 to 9.0 having intervals of 0.2 on the fault plane which is from known information or which is assumed to generate higher tsunami in the coastal area. Therefore tsunami scenario database has a limitation that does not reflect the characteristics of earthquakes when they actually occur because the fault plane will be different from assumed one.
In this study, we have developed an algorithm for tsunami prediction capable of analyzing fault plane solution using W phase and simulating tsunami using the fault plane information. We tested the performance of the developed algorithm applying into the case of 1993 Japan tsunami. W phase inversion results were as follows: moment magnitude=7.7, depth=25.5km, strike=170.2˚, dip=45.3˚ and rake=77.8˚. As a result of tsunami simulation using the inversion results, the difference between the numerical results (tsunami height and arrival time) and measured data at tide stations was small. Therefore the algorithm for tsunami prediction may be used for tsunami warning as a complement to tsunami scenario database.

Keywords: tsunami, tsunami scenario database, W phase, tsunami prediction system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー
Can we detect tsunami magnetic signals at on-land observatories prior to tsunami arrivals? : From the perspective of numerical experiments

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2]
*Takuto Minami[1], Tungcheng Ho[1], Zhiheng Lin[2], Hiroaki TOH[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Tsunami flow crossing the geomagnetic field generates electric currents in the ocean and associated secondary magnetic fields due to the electromotive force. This tsunami-generated magnetic (TGM) variations are observable not only at the seafloor (e.g. Toh et al. 2011) but also at on-land magnetic observatories on islands or along coastlines (e.g. Tatehata et al. 2015). Most of the TGM data reported in previous studies are from the seafloor observations since TGM signals are much stronger at the seafloor, which implies that usage of off-shore seafloor magnetic observations is a sensible solution for tsunami early warning. On the other hand, much cheaper on-land magnetic observations may be useful because the vertical component of the TGM field precedes the tsunami arrival by approximately a quarter of the tsunami period in shallow oceans (< ~ 1000 m; Minami et al. 2015). Previous studies have never carefully investigated possibilities of using on-land magnetic data in tsunami early warning, because of the difficulty in evaluating the effect of realistic topography on the TGM variations at on-land observatories.

We conduct three-dimensional simulations of TGM signals to investigate feasibility of using on-land magnetic data for tsunami early warning, with the aid of the finite element simulation code by Minami et al. (2017). This study focuses on three devastating tsunami events in the past, the 1960 Chilean tsunami (Mw 9.5), the 2011 Tohoku tsunami (Mw 9.0), and the 1707 Hoei tsunami (Mw 8.7). For the three tsunamis, we adopt the source models of Ho et al. (2019), Satake et al. (2013), and Furumura et al. (2010), respectively. Although all the three large tsunamis did extensive damage, features of their topographies are distinct from each other. One of the features of coastlines in Tohoku is ria coast, while Nankai area of Japan includes capes and bays. As for Chilean coast for the 1960 event, a straight long coastline is present in the vicinity of Santiago, Chile. We set many virtual magnetic observatories and tide stations along the coastlines and investigate arrival times of tsunamis and TGM signals. In the presentation, we compare the arrival times of tsunamis and TGM signals at each virtual observatory and to discuss feasibility of using on-land TGM signals for tsunami hazard mitigation.

キーワード：津波、電磁気、シミュレーション
Keywords: tsunami, electromagnetic, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率
Probability of Tsunami Inundation Estimated from Tsunami Database and G-R law

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2]
*Toru Takeda[1], Toshitaka Baba[1], Tsuneo Ohsumi[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 徳島大学、2. 防災科学技術研究所
1. Tokushima Univ, 2. NIED

地震の発生時期や規模，不均質すべりの多様性等の不確実性を考慮した確率論的ハザード評価により強震動や津波の危険度が評価されている．津波の確率論的評価は海岸付近の津波高に留まっており，陸地への津波浸水の危険度を確率として具体的に示されてはいない．この要因は複数あるがそのひとつとして，浸水範囲や浸水深の評価には10m程度以下の詳細な地形データが必要で，それを用いて膨大な地震シナリオに基づく津波計算を行うことは，計算機の性能の面で難しかったという理由がある．しかしながら，計算機の性能の向上によりこの問題は解決しつつあり，さらに評価対象の地域を限定することにより，確率論的津波浸水ハザードの評価に関する手法や考え方を検討することが可能となってきた．そこで，本研究では評価対象の地域を南海トラフの一部沿岸に限定して，津波浸水確率の評価を試みた．

まず，高精度の地形データと多数の地震シナリオを用いて大規模計算を実施しデータベースを作成した．津波データベースの作成では，Hirata et al.(2017)の3967ケースの南海トラフ域の地震シナリオを使用し，これらの地震断層モデルによって発生する津波伝播および浸水計算を実施した．津波シミュレーションでは非線形長波式を差分法で解いた．ネスティング手法を用いて研究対象地域の空間分解能を向上させた．地形データには内閣府の津波想定で用いられたものを利用し，海岸構造物は越流した場合に完全破堤（計算上，海岸構造物がなくなる）するとした．さらに南海トラフエリアにて過去91年間に発生した地震よりグーテンベルク・リヒター則(G-R則)を使用して各マグニチュードについて割り当てる重みを設定し，その結果を基に各シナリオに重みを与えた．津波データベースと各シナリオの重みを基に，同じ地点ごとの値を足し合わせ浸水確率を求めた．

その結果，V字型湾の湾奥や河川の上流域の周辺で確率が高くなっている地域があるなど，地形的特徴によって浸水の確率が異なっている様子が確認された．今後は堤防の有無による浸水確率分布の変化についての調査や津波高のばらつき等の不確実性を考慮した解析を実施する予定である．

キーワード：確率論的津波浸水評価、グーテンベルク・リヒター則
Keywords: probabilistically assess tsunami inundation, G-R law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定
The Detection of Tsunami Propagation Path by Using Sensitivity Kernel Distribution

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3]
*Norihiko Hashimoto[1], Kyosuke Okamoto[2], Seiji Tsuno[3]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Railway Technical Research Institute

津波伝播解析によって津波浸水高、到達時間といった情報を予測することは津波防災において非常に重要である。一方、沖合で発生した津波がどのような経路で我々の生活圏に襲来するのか、伝播経路を解明することも重要な課題である。津波の伝播経路は波向線法によって解析的に算出ことができ、かねてより線形長波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析と組み合わせて利用されてきた。ただし、波向線法では初期条件や境界条件を津波伝播解析と等しく設定することが困難であり、利用者が解析結果を考察する上でそれぞれの特性を十分理解して利用する必要があった。

そこで、地震波トモグラフィーで用いられるアジョイント場及び感度カーネル分布を津波の波動場に適用し、津波伝播経路の特定を試みた。本手法では、一般的な津波伝播解析に逆方向に津波波形を伝播させる処理を追加することで、津波波形の中から任意の成分の波形を抽出し、その伝播経路を特定することが可能である。

水深一様の理想空間において、ガウス分布で設定した初期水位から着目地点に伝播する津波の経路を推定し、本手法の有用性を確認した。さらに、遠地津波を対象にし、日本沿岸に到達する津波がどのような経路を伝播してきたのか、本手法を用いて算出した。津波伝播解析では、太平洋のほぼ全域を網羅できるように計算対象範囲を設定し、格子間隔10秒の地形モデルを用い、波源断層モデルには既往研究が豊富である1960年チリ地震津波を設定した。ハワイ諸島を南北挟んで伝播した津波が襲来する特性が見られ、波向線法による既往手法と同様の結果が得られた。

津波波形のうち、特定成分のみに着目して伝播経路を抽出する具体的な方法や分散波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析に対する適用範囲を検討することで、更に応用範囲が広がると考えられる。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波伝播経路、津波伝播解析、波向線法、随伴法、アジョイント場、感度カーネル分布
Keywords: Tsunami propagation path, Tsunami propagation analysis, Wave ray method, Adjoint method, Adjoint field, Sensitivity kernel distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

Estimation of local seismic waves and rapid magnitudes for ‘slow tsunami earthquakes’ based on moment rate spectrum

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1]
*Takahito Nishimiya[1], Akio Katsumata[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

地震発生後、最初期段階の津波予測は通常地震波から推定した震源の位置、マグニチュード（M）に基づく。
津波地震（スロー地震）は通常の地震に比べて高周波帯域で地震波エネルギーが極端に小さく、このため、地震波の観測振幅に基づいては速やかにはMを適切に推定できないと考えられる。最初期の津波予測に用いるためのMについて定量的に評価したいが、津波地震（スロー地震）の震源近傍の地震波形記録はあまりない。

そこで、遠地広帯域波形記録をもとに震源スペクトルを推定（西宮・勝間田,JpGU Meeting 2018）し、それに基づき、津波地震が発生した場合の近地における地震波振幅の推計を試みている（地震学会2018秋季大会）。
速やかに推定するMとして気象庁マグニチュード（M_J）、気象庁が巨大地震の過少評価対策として導入している100秒マグニチュード（M_{100}: Katsumata et al.(2013)の100秒low-cut filter 波形によるマグニチュード）があり、震源時間関数を仮定して計算した震央距離1000kmまでの範囲の理論波形の振幅からそれぞれ試算した。なお、GNSSに基づくREGARD(Kawamoto, 2017)もあるが、ここでは規模の小さな地震も対象とできる地震波からの規模推定を考える。

その結果、例えば1994年6月のジャワ島沖地震（M_w7.8）が東北地方太平洋沖で発生したと仮定した近地波形からは、M_Jはモーメントマグニチュード（M_w）よりも1以上小さいM6クラスとかなり過小となった。M_{100}ではM_Jよりも大きくなるものの0.5程度以上小さくやはり過小となった。
一方、2010年10月のスマトラ島沖地震を模した地震波形では、M_Jは-0.5程度と極端に過小とはならないものの、一方でM_{100}も同程度にとどまった。
なお、USGSのWebサイトによれば、1994年の地震で表面波マグニチュード（M_s）はM_wに比べて0.5以上小さいが、2010年の地震でM_sはM_wと同程度という特徴がある。

M_{100}-M_Jの値が津波地震（スロー地震）判定に有効である可能性がある。ただし、M_{100}そのものも過小となる可能性が高い。また、M_JとM_{100}とが同程度となって差が大きくはない場合でも津波地震（スロー地震）である場合があり得る。

キーワード：津波地震、震源スペクトル、近地波形、マグニチュード
Keywords: tsunami earthquake, spectrum, local seismic wave, magnitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開
Development of tsunami simulator TNS and release of version 1.0

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2]
*Takayuki Miyoshi[1], Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Shin Aoi[1], Sho Akagi[2], Toshihiko Hayakawa[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 三菱スペース・ソフトウエア株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mitsubishi Space Software Co.,Ltd.

津波は，海底地殻変動などによって海水に擾乱が生じて，重力を復元力として周囲の海域に伝播し，しばしば陸域に遡上する自然現象である．防災科学技術研究所（以下，防災科研）では，遡上までを含めた津波現象を差分法による数値計算によってコンピュータ上で迅速に実施できるソフトウェアの開発を進めてきた（三好・他, 2018 JpGU）．ソフトウェアの名称は，津波シミュレータ（TNS: TsuNami Simulator）である．

TNSは，CPU版とGPU版で開発を進め，CPU版の主たる計算コードはFortran 90でプログラム群の開発を行い，GPU版はCUDA7.5に準拠してCUDA Cで開発を行った．計算コードは，基本的にはTUNAMI-N2（Imamura et al., 2006）と同等の実装をしており，Cartesian座標系において，空間格子幅の比を1:3とするネスティング格子を用いた二次元非線形長波理論に基づく津波伝播・遡上計算が実施可能である．初期水位は，地殻変動計算プログラムDC3D（Okada, 1992 BSSA）を用いて，設定した震源断層面に対して半無限媒質での地殻変動を計算する．水平変動（Tanioka and Satake, 1996 GRL）や，Kajiura（1963, BERI）による水理フィルタも適用可能である．沖側は透過境界（Imamura et al., 2006）および吸収領域（例えば，Clayton et al., 1977 BSSA）を設け，陸側は遡上境界（小谷ほか, 1998 海岸工学論文集）を設定できる．遠地津波に対しては，球座標系を導入し，浸水計算を含む近地においてCartesian座標に接続した．球座標の計算では，転向力や分散効果などの従来の定式化に加えて，荷重効果（Inazu and Saito, 2013 EPS）を考慮できるようにした．

データベース検索型の津波遡上即時予測では，大量の津波シナリオが必要である．TNS開発版から，津波シナリオバンクの構築に必要な部分をパッケージ化し，TNS Version1.0として公開した（三好・他, 2019 防災科研研究資料）．ユーザは研究者，技術者，自治体の防災担当者を想定しており，一般的なLinux環境のもとで計算が可能なようにした．パッケージには，操作手引書，Linuxでコンパイル済みの実行ファイル，例題と入力ファイル設定例を含めた．また，内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で用いられた地形データなどをTNS Version1.0に適用できるツールも含めた．ソルバーは，CPUによる逐次計算に加えて，Open MPによるスレッド並列，GPGPUによる計算に対応し，計算の高速化を実現した．

謝辞：本研究の一部は，総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による．

キーワード：津波、浸水、差分法、ネスティング格子、GPU
Keywords: Tsunami, Inundation, Finite-difference method, Nesting grid, GPU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

A Study on Tsunami Inundation Simulation for the Nankai Trough Earthquake for Osaka City

*河路 薫[1]、津野 靖士[2]
*Kaoru Kawaji[1], Seiji Tsuno[2]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

津波への防災対策を立案するにあたって地震が起きることで津波がどのように発生し、それがどのように来襲するのかは非常に大事な要素である。内閣府から最大想定波源として南海トラフのシナリオ断層震源モデルが発表されてから各自治体などではこれを用いて様々な防災対策などの検討が実施されている。本研究は、2012年8月に内閣府から発表された南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）の全11ケースの断層モデルを用いて大阪市を対象に津波浸水シミュレーションを実施し、その結果について検討を行ったものである。

津波浸水シミュレーションにおける地形モデルは内閣府が公開している地形データを用い、断層から沿岸までを含む約1200㎞×800㎞を1215m格子でモデル化した。計算時間は、津波による最大浸水範囲、最大浸水深が計算できるように最大6時間とし、計算時間間隔は計算が安定するように0.01秒間隔とした。

断層震源モデルにおけるパラメータ（すべり角、位置、破壊開始点）などが違うと津波波高、津波到達時間、浸水範囲などの津波特性に違いが見られるはずである。しかし、11ケースの断層モデルによって大すべり域の位置や破壊開始点の位置は異なるものの大阪湾内における観測点ではどのケースでもほぼ同様な津波水位、到達時間となっていることが確認された。また、最大波高出現時間についてもケースよらず破壊開始から30分以内であることも分かった。この傾向は大阪湾から沖合に向かった紀伊水道付近でも同様に見ることができ、紀伊半島と高知・香川に挟まれた入り組んだ海峡部の地形の影響であると考えられる。今後さらに多角的な検討を進め、その結果についても併せて報告する予定である。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ地震、大阪湾
Keywords: Tsunami inundation simulation, Nankai Trough Earthquake, Osaka-bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築
Database construction of Tsunami inundation simulation for large subduction earthquakes

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1]
*Mariko Korenaga[1], Seiji Tsuno[2], Kaoru Kawaji[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

海溝型巨大地震の危険が喫緊の問題となっている南海トラフ域においては、発生直後から浸水開始する地域もあり、事前に最大浸水深や浸水可能性の有無を把握することが防災上非常に重要である。そこで、鉄道構造物に対する津波防護の観点から、太平洋沿岸の特定都市を対象として多数のシナリオ地震を想定し、沿岸近傍での津波水位と津波浸水域のデータベース化を実施した。この結果を利用し、沿岸までの予測結果と比較して最大浸水域によるリスク評価や、避難猶予時間の検討に活用する。

南海トラフ域のシナリオ地震は、防災科学技術研究所（2012）及び津野（JPGU,2016）に倣い複数のセグメントの連動として組み合わせて、Mw8～9レベルの波源断層モデルを81個設定した。連動モデルでは平均すべりの2倍のすべり量を受け持つ大すべり域を内在するモデルを設定し、震源域内で深さ方向に2パターン、走向方向に3パターンの大すべり域の位置の違いを表現した。更に、内閣府（2012）が公開する最大クラスと同等のレベル（5～6連動）、且つ、海溝軸まで震源域が到達している場合、平均すべり量の4倍のすべり量の超大すべり域を設定した。

各地域において、海岸線の前面に大すべり域や超大すべり域が存在するときには沿岸波高が高くなる傾向にあるが、浸水域の広がりは大すべり域の傾斜方向の位置とも関連していることが示された。得られた多様な浸水域を定量的に検証しつつ、鉄道防災的な観点から津波被害の軽減にはどのような情報が重要であるかを議論したい。

本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ、防災
Keywords: Tsunami simulation, Nankai trough, Reduction of disaster damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析
Sediment Transport Modeling due to Tsunamis caused by the Nankai great earthquakes

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1]
*Takuya Saito[1], Kei Yamashita[2], Toshitaka Baba[1]

1. 徳島大学大学院、2. 東北大学
1. Tokushima Univ., 2. Tohoku Univ.

浅海域に来襲した津波は海底および陸上で土砂を移動させ地形を変形させる．これは海岸構造物の倒壊や航路の埋没，発電所の取水口閉塞などの被害の原因となる．2011年東北地方太平洋沖地震でも洗堀による海岸堤防の倒壊や航路の埋没といった事例がみられた．また，今後起こりうる巨大地震・津波を想定するためには，できるだけ過去に遡り地震・津波の発生をより正確に調査する必要がある．歴史地震や古地震については史料や地質調査に頼るほかなく，津波による堆積物は史料の少ない歴史地震において重要な情報となる．そこで，本研究では土砂移動モデルを用いて南海トラフ地震の津波による侵食・堆積状況をシミュレートした。

本研究では，高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデル（STM）を用いた．このモデルは、大きな乱れが生じる非定常性の強い津波を扱うため流砂現象を二層に分離し、砂の巻き上げと沈降が非平衡な状態においても適用可能なモデルである．STMにより内閣府が想定する南海トラフ巨大地震と1707年宝永地震の断層モデルを波源として土砂移動を計算した．研究対象地域は四国の橘湾と岡村ら（2012）によって津波堆積物が調査された四国最東端の岬にある蒲生田大池である．蒲生田大池では宝永地震に対応する津波堆積物は発見されず，今から約2000年前の津波堆積物が確認されている．

橘湾内には多数の島が存在しており，その島間の海峡や岬の先端部，河川の河口付近や海岸堤防付近の流速が大きい場所で侵食がみられた。その周辺では堆積が確認された．地形の最大変化量は，内閣府想定のモデルで侵食が約10m，堆積が約6mであった．宝永地震では浸食が約6m，堆積が約2mであった．津波堆積物の調査記録との比較については，今回の検討では宝永地震モデルでも内閣府想定のモデルでも津波が流入せず，よって堆積も発生しなかった。当時とは地形が異なる点が影響しているとも考えられるので，引き続き計算条件を変えて検討する。また，他の地点の津波堆積物との比較も行う。

謝辞：本研究では高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデルを利用させていただきました。本研究は科研費JP15H05718の助成を受けています。記して感謝いたします。

キーワード：南海トラフ地震、土砂移動モデル
Keywords: Nankai Trough Earthquake, Sediment Transport software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル
Tsunami model of the 2011 Tohoku Earthquake reproducing the wave gauge record offshore the Fukushima Daiichi NPP

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2]
*Toshimichi Kaneto[1], Ayumi Nishi[2], Tadashi Annaka[2]

1. 東京電力ホールディングス株式会社、2. 東電設計株式会社
1. Tokyo Electric Power Company Holdings,Inc, 2. Tokyo Electric Power Services Co,Ltd

1. 研究の目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震において、福島第一原子力発電所では、運転中であった1号機～3号機が停止後の炉心の冷却に失敗し、炉心を損傷する事故（過酷事故）に至った。東京電力では、東北地方太平洋沖地震津波の理解と原子力発電所の津波評価への活用を目的として、東北地方太平洋沖地震の津波波形、地殻変動、痕跡高のデータを説明する波源モデル（L67モデル）を設定した。

L67モデルは、福島第一沖合に設置されていた波高計記録の第一波、第二波の１段目まではほぼ再現することができたが、第二波の2段目については再現性が十分でなかった。これについて、今村・他(2016)は、杉野・他(2013)のモデルのすべり量を微調整することにより、第二波の2段目まで再現するモデルを提案しているが、本研究では以下の検討を行うことでさらなる再現性の向上を試みた。

2. 研究の内容

(1) GPS1秒データを用いたインバージョン

L67モデルの検討の際に考慮した問題として、既往の津波波源モデル（内閣府(2012)、杉野・他(2013)、Satake et al. (2013)）が地震動データによるモデルや陸域の地殻変動の時間変化に比べ、すべりに時間がかかりすぎていることがあった。これを解消するために、すべりの時間窓を30秒×3とし、破壊にあまり時間がかからないようにしてインバージョンを行っていた。

本研究では、国土地理院から公開されているGPS１秒データを併用すれば、時間窓を強制的に短くしなくても、すべりにかかる時間を自然に短くできるのではないかと考え、津波波形とともにGPS１秒データをインバージョンに取り込んだ。インバージョンに使用した具体的なデータ等は以下のとおり。

GPS１秒データとして「1Hz_2hr_files」をダウンロードして使用した。インバージョンには、震源時から6分間の記録が完全な391点の記録を用いた。グリーン関数は、Frankel (2013)による6層地盤モデルを用い、プログラムaxitraにより計算した。

地殻変動データとして海底の8地点のデータを用いた。観測された津波波形として44点の記録を用いた。

インバージョンにより得られた波源モデルの比較用として、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ（ttjt_survey_29-Dec-2012_tidecorrected_web.csv）から3882点、電力サイトのデータ185点のデータを用いた。

インバージョンには、非負最小2乗法のプログラム（Lawson and Hanson (1974)）を用い、1276個の小断層を147個のブロックに分け、破壊伝播速度2.0km/s、時間窓30秒×5個として、147×5＝735個のすべり量を決定した。

(2) 「仮想津波記録」を用いたインバージョン

福島第一沖合波高計記録は、非線形の影響が強く、線形インバージョンで使用できるのは、初動付近に限られている。そのため、福島第一沖合の水深50mの位置で、初期断層モデルとグリーン関数を用いて「仮想津波記録」を設定し、その波形を調整した波形を「観測記録」としてインバージョンに追加することにより、計算波形を波高計記録に近づける方法を用いた。

この方法は、痕跡記録との適合度を改善するためにも用いた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. 結論

上記に示すインバージョン手法により、福島第一沖合波高計記録を良好に再現する津波波源モデルを設定した。このモデルは、GPS 1 秒データを併用することにより、すべりに時間がかりすぎるという問題を解消し、「仮想津波記録」を用いる方法により、福島第一沖合波高計記録をL67よりも良好に再現している。また、観測された津波波形との適合度、痕跡高との適合度はL67と同程度である。

文献

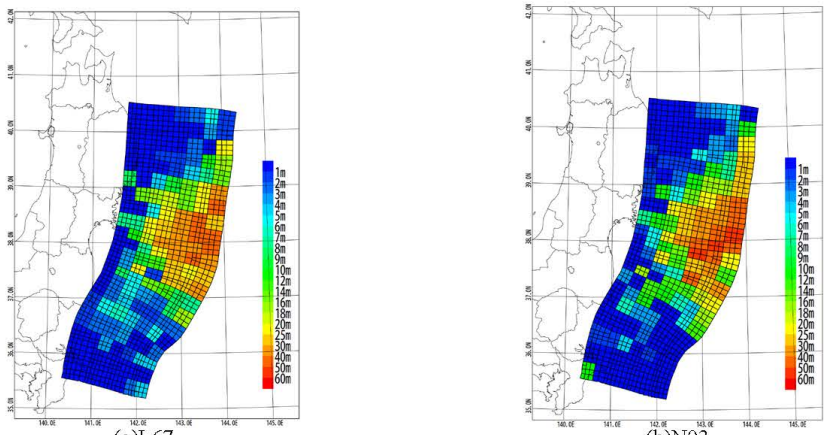
今村・他(2016)：修正された東北地方太平洋沖地震津波モデルによる福島第一原発サイトへの影響再評価，土木学会論文集B2（海岸工学）, Vol.72, No.2,I-361-I-366

謝辞

GPS 1 秒データ（1Hz_2hr_files）は、GSI (Geospatial Information Authority, japan)、NGDS (Nippon GPS Data Service, Japan)、Hitz (Hitachi Zosen Co., Japan)、GPSS (GPS Solutions, Boulder, CO, USA)、VERIPOSによるものを使用させていただいた。

キーワード：津波波源モデル、東北地方太平洋沖地震、福島第一原子力発電所、GPS1秒データ
Keywords: tsunami source model, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Fukushima Daiichi nuclear power plant, 1-second sampling GPS data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



(a)L67　　(b)N03

図1　波源の比較

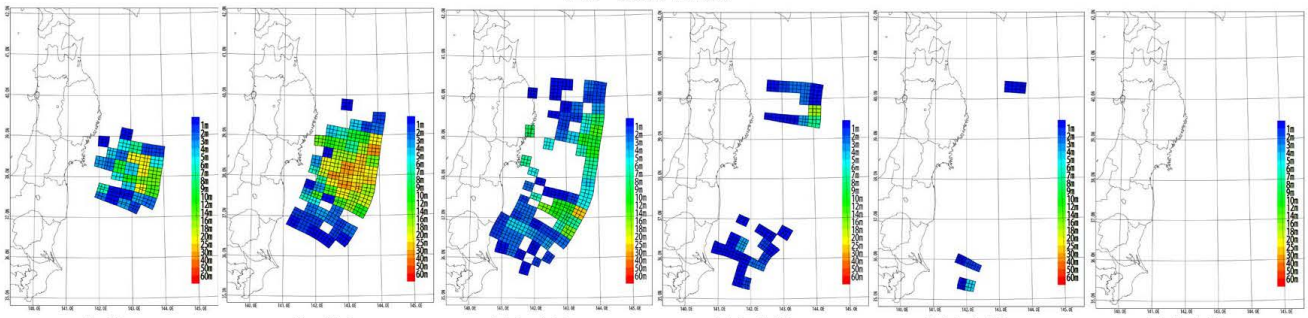


図2　破壊進展図(L67)

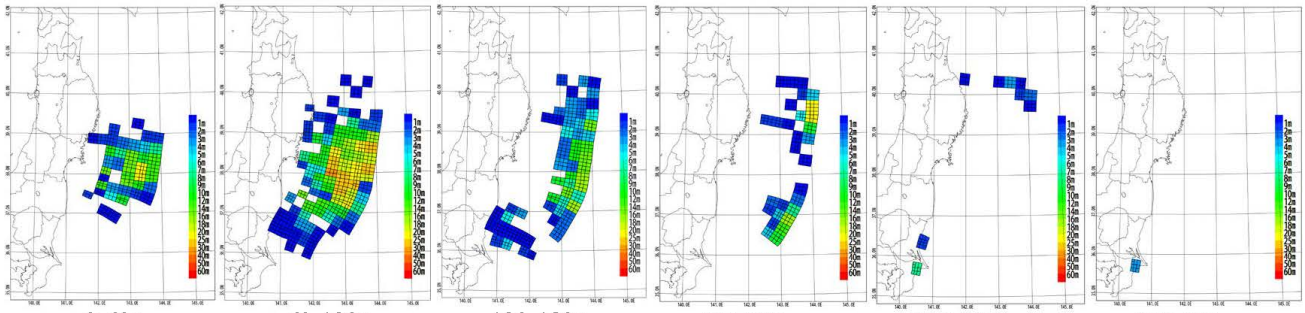


図3　破壊進展図(N03)

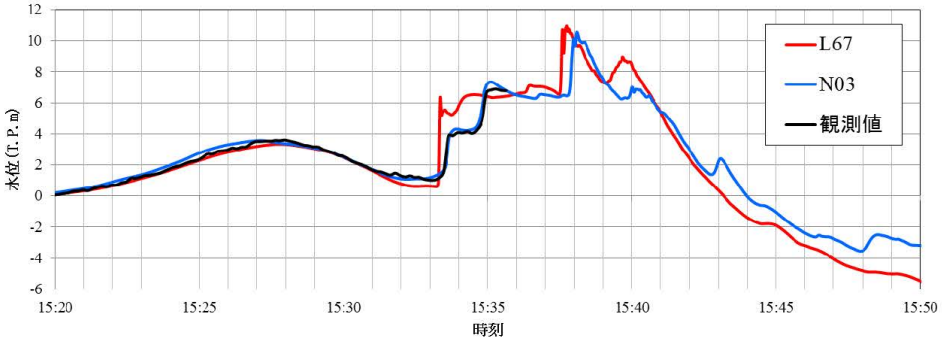


図4　波高計での観測値と計算値の水位時刻歴

表1　適合度表 (K, κ)

	L67		N03	
	K	κ	K	κ
北海道～千葉 (3882 点)	1.00	1.34	1.00	1.34
福島第一 (19 点)	1.00	1.10	0.99	1.11
福島第二 (71 点)	0.99	1.18	1.00	1.13

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

Development of tsunami fragility curves on railway structures based on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1]
*Teppei Ono[1], Seiji Tsuno[2], Yuko Sato[2], Marioko Korenaga[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は東北地方沿岸の鉄道構造物に甚大な被害を与えた。鉄道構造物の将来的な津波に対するリスクを把握するためには、これらの被災データから津波被害関数を構築することが有効である。被害関数は対数正規分布・正規分布で表されるのが一般的である。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う鉄道構造物の被害データおよび浸水深をGIS上で統合することにより津波被害関数を構築した。なお、津波被害関数の構築手法は越村ら(2009)を参考にした。

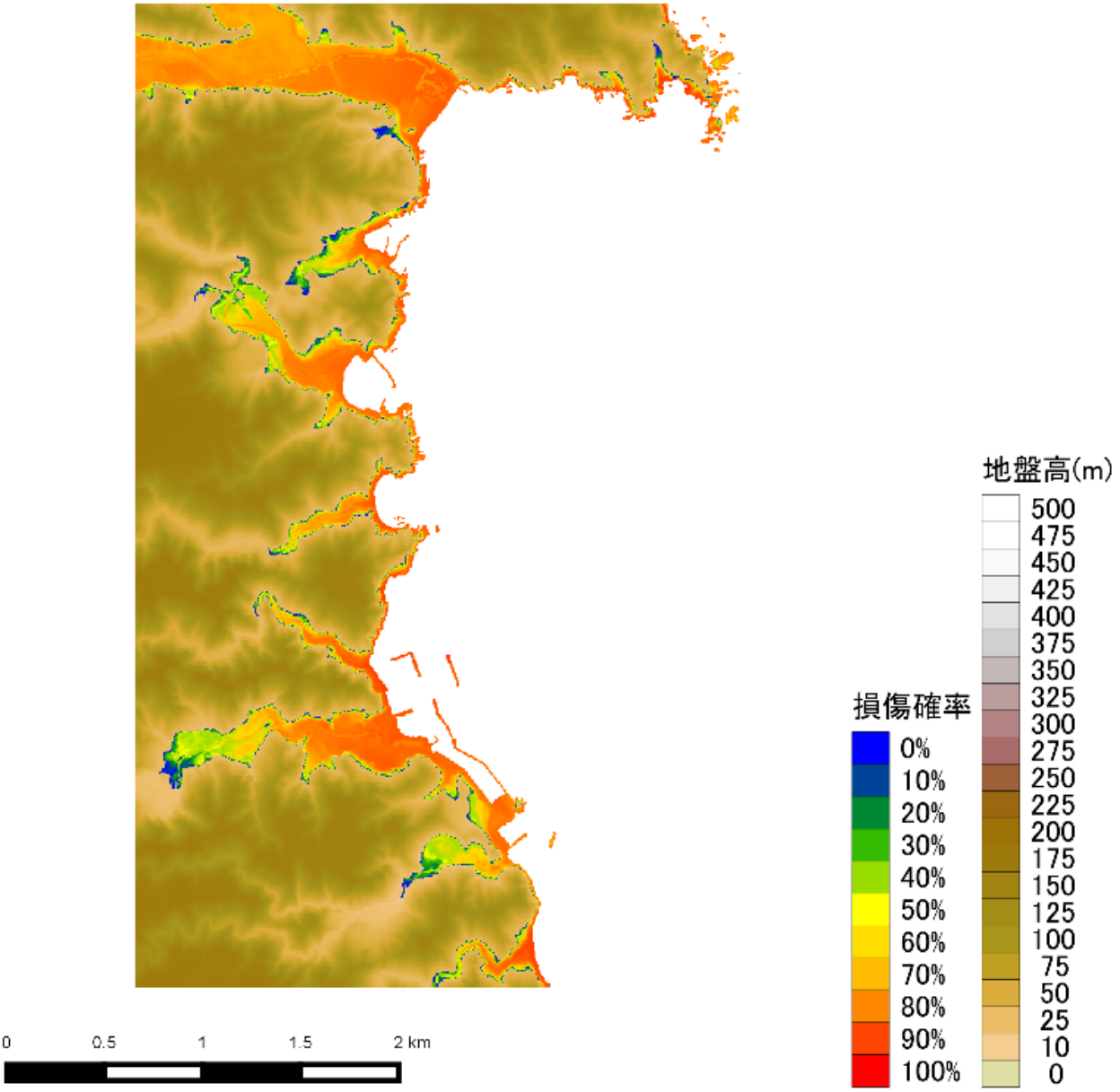
本研究では、複数の文献から東北地方太平洋沿岸に位置する鉄道構造物の位置データおよび被害データを収集した。まず、鉄道構造物が位置する津波の浸水深を算出するために、国土交通省都市局・復興支援調査アーカイブで公開されている100m×100mメッシュの2011年東北地方太平洋沖地震の浸水深データを利用した。次に、鉄道構造物の位置を算出するために、国土交通省の国土数値情報の鉄道データおよび国土地理院の基盤地図情報を利用した。鉄道構造物の種類は、駅、橋りょう、トンネル、踏切、路盤、擁壁、函渠、盛土、切土など多岐にわたる。また、鉄道構造物の構造種別も、土、C造、RC造など多様である。構造種別の影響を考慮するために、全被害データを用いた場合と構造種別をRCに限定した場合で津波被害関数を作成した。

その結果、多種多様な鉄道構造物を一律に評価しているため、越村・郷右(2012)で示されている2011年東北地方太平洋沖地震における建物に対する津波被害関数と比較して、勾配が小さくなる傾向が示された。さらに、作成した津波被害関数の再現性を確認するために、宮城県石巻と岩手県島越を対象として、内閣府モデル（2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル）の浸水深分布から鉄道構造物の津波損傷確率を示した。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波被害関数、東北地方太平洋沖地震、鉄道構造物
Keywords: Tsunami fragility curve, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Railway structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴
The characteristic of the cause of death in each city in Miyagi prefecture during the Great East Japan Earthquake

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1]
*Shuji SETO[1], Fumihiko IMAMURA[1]

1. 東北大学　災害科学国際研所
1. IRIDeS, Tohoku University

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって，死者15,897人，行方不明者2,534人の人的被害が発生した（警察庁，2012）．警察庁（2012）の報告によれば，東北3県における犠牲者の死因は，津波に関連する溺死が90%であった．青木ら（2012）は，実際に死体検案業務に従事した医師に対するアンケート結果を報告した．その中で，「90%が溺水という死因統計について，回答者の2/3弱が妥当と回答した」という結果を示す一方で，「現実の問題として溺水と記載せざるを得ない」，「3月派遣者の回答においても，23%が（溺水が妥当か）わからない，5%が無回答であったことがこの問題の扱いの難しさを示している」という見解が示された．これは，津波災害における多様な死因の可能性を示唆している．生存者（河北新報，2011）から，溺死にまで至らなかった場合でも低体温症により死亡したと考えられる事例が報告されている．このように，溺水以外にも致死に関係する可能性が示されており，今後の津波対策においても，これらを考慮した対策が求められている．

門廻・今村（2019）は，宮城県警察本部から提供された震災データ（犠牲者情報）を用いて，東日本大震災における宮城県での死因を分析した．東日本大震災時の検案状況を踏まえ検討した結果，頭部の損傷，頸部の損傷，胸部の損傷，外傷性ショック，詳細不明の多発性損傷，窒息，溺死，焼死，低体温症，心疾患，その他，不詳の12種に分類できる事を示した．また，宮城県における各死因の割合を明らかにした．東日本大震災における人的被害をより詳細に明らかにするためにも，上記12種を考慮した各市町村の死因の特徴を明らかにする必要がある．

本研究では，宮城県警察本部から提供された震災データ内の位置情報を用いた分析を実施した．提供データ内には，犠牲者の位置情報として，登録住所と遺体発見場所の2つの情報がある．そこで，各位置情報と上記12種の死因を組み合わせ，宮城県市町村における各死因の特徴を明らかにした．

キーワード：東北地方太平洋沖地震津波、災害科学
Keywords: The 2011 Tohoku earthquake tsunami, Disaster science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について
The reflective south going current, accompanied by the third wave of Tsunammi at Iioka , Asahi City , Chiba Prefecture in 2011.

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1]
*Mitsuo Harukawa[1], Noboru Hashimoto[1], Fumio Ooshima[1]

1. 2011年旭市の津波被害を記録する会
1. The Group of Recording for Tsunami Damage of Asahi City in 2011

千葉県旭市飯岡では午後５時台に西岸の沖合を北上する「第３波本体の波」を遠く見送って間もなく、突然、西岸に沿って「南下する流れ」に襲われた。本発表では「南下流」が生じた原因について述べる。

私たちは旭市沿岸の全戸訪問を実施して聴き取り調査を行い、約６５０の体験談や目撃談を収集した。その中に「北上する第３波本体の波」と「南下流」との関係についての証言が複数あった。それらを要約すると、**『「北上する第３波本体の波」が飯岡の北岸にぶつかると、やや東寄りに跳ね返されて、飯岡西岸の防潮堤をなめるように南下し、それが「北上する後続流」と離岸堤の内側で衝突して波高を増し、防潮堤を乗り越えて家々を北から南へなぎ倒しながら進んだ』**という内容だった。

私たちは高台から撮影された斜め写真や、防潮堤から撮影された地上写真を単写真測量で解析して「南下流」の波面の走向をもとめて波面図を作成した。その結果、「南下流」の波面は「北上する第３波本体の波」の東側への回り込みでは説明が難しく、「南下流」は目撃証言のように「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである、と考えることが合理的であるように思われる。

一方、テレビ報道では、「第１波のエッジ波が飯岡の海岸にとどまり続けた」とされ、「南下流」は第１波の「エッジ波」であり、これに「第３波（本体）」がぶつかって波が高まり飯岡に被害を与えた、と説明されていた。（ＦＮＮ「わすれない　巨大津波　３年後の新検証」（今村文彦解説　２０１４年３月９日放送）

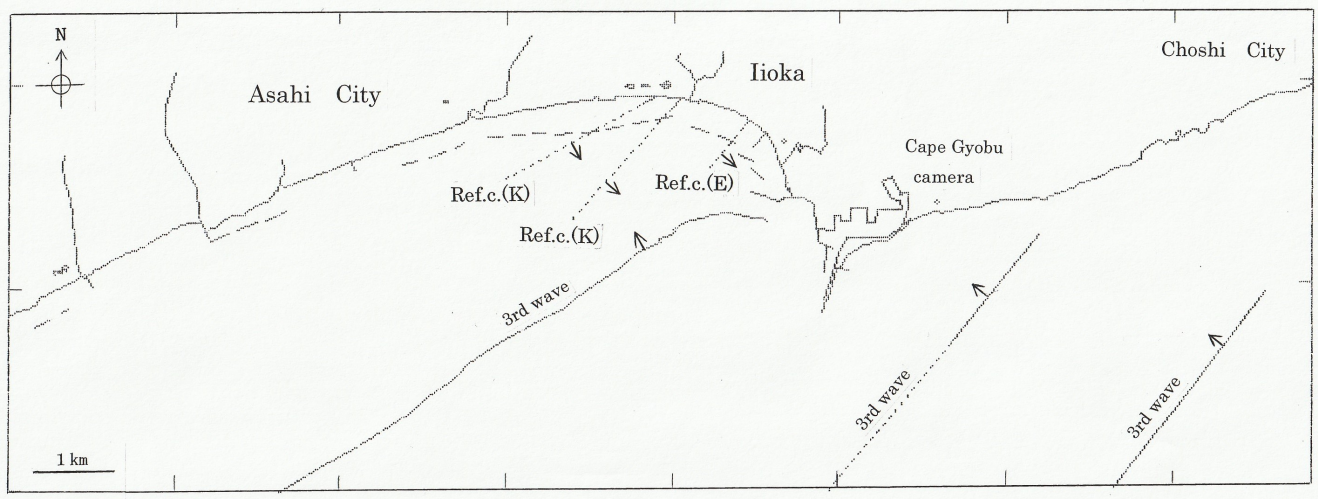
しかし、飯岡では第１波の後、第２波と第３波（特に第２波）の前に潮が大きく引き、湾の海底が干出して広大な砂浜が現れていたので、飯岡の海岸に「第１波のエッジ波」がとどまり続けたという事実はなかった。

【結論】「南下流」は第１波によるエッジ波ではなく、「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである。これが北上する後続流と離岸堤内で衝突して高まり、飯岡西岸を襲った。

【文献】春川光男(2013) 日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集HDS26-15

キーワード：波面の走向、写真測量、反射波、千葉県、旭市、飯岡
Keywords: strike of wave plane, photogrammetry, reflective wave , Chiba Prefecture, Asahi City, Iioka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-DS 防災地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[H-DS13] 津波とその予測

コンビーナ:近貞 直孝(防災科学技術研究所)、対馬 弘晃(気象庁)、久保田 達矢(国立研究開発法人防災科学技術研究所)

本セッションでは，海底地すべりや火山活動による津波も含め，その発生・伝播・観測・リアルタイム予測・長期評価など，広く津波に関する内容を扱う．特に，海域での津波観測技術，リアルタイム津波予測手法，高精度浸水予測，動的ハザードマップ長期的な津波発生の確率評価など，津波予測技術の高度化に関する理学，工学，防災分野の発表を歓迎する．

[HDS13-P01] 2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2] (1.気象庁気象研究所地震津波研究部、2.インドネシア海洋水産省)

[HDS13-P02] 2015年鳥島地震の津波データ同化

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2] (1.東京大学地震研究所、2.弘前大学大学院理工学研究科)

[HDS13-P03] 海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2] (1.北海道大学、2.東京大学)

[HDS13-P04] 海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2] (1.中部電力株式会社、2.一般財団法人日本気象協会)

[HDS13-P05] Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1]、Mikyung Choi[1]、Sun-Cheon Park[1]、Hye-Won Lee[1]、Duk Kee Lee[1] (1.Korea Meteorological Administration)

[HDS13-P06] 津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2] (1.東京大学地震研究所、2.京都大学大学院理学研究科)

[HDS13-P07] 津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2] (1.徳島大学、2.防災科学技術研究所)

[HDS13-P08] 津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.国立研究開発法人産業技術総合研究所、3.公益財団法人鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P09] 震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1] (1.気象庁気象研究所)

[HDS13-P10] 津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2] (1.国立研究開発法人防災科学技術研究所、2.三菱スペース・ソフトウエア株式会社)

[HDS13-P11] 大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

*河路 薫[1]、津野 靖士[2] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P12] 海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2.公益財団法人　鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P13] 南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1] (1.徳島大学大学院、2.東北大学)

[HDS13-P14] 福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2] (1.東京電力ホールディングス株式会社、2.東電設計株式会社)

[HDS13-P15] 2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1] (1.伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2.鉄道総合技術研究所)

[HDS13-P16] 東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1] (1.東北大学　災害科学国際研所)

[HDS13-P17] ２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1] (1.2011年旭市の津波被害を記録する会)

2018年スラウェシ島地震時の津波の海底地滑り波源の可能性
Possible submarine landslides as sources of the 2018 Sulawesi tsunami

*中田 健嗣[1]、勝間田 明男[1]、Abdul Muhari[2]
*Kenji Nakata[1], Akio Katsumata[1], Abdul Muhari[2]

1. 気象庁気象研究所地震津波研究部、2. インドネシア海洋水産省
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 2. Ministry of Marine Affairs and Fisheries, Indonesia

Muhari et al. (2018) は、2018年9月28日のMw7.5のスラウェシ島の地震後に同島パル湾沿岸を襲った津波について、潮位観測記録、ビデオ、浸水距離、現地調査の被害の状況などから、津波はパル湾の内側で発生したという仮説を立てた。さらにArikawa et al. (2018) は、沿岸地域での沈降が津波に関係している可能性とパル湾の入り口で津波が高くないということを指摘した。Heidarzadeh et al. (2018) は、USGSの有限断層モデルにより潮位記録を表せるとした一方で、現地調査で言われているような、巨大な津波を発生させる海底地滑りの可能性にも言及している。本研究では、海底地滑りによりパル湾の津波が発生したと想定し、潮位記録の波形を説明できる海底地滑りのありうる位置とサイズ、水深の浅い場所で津波が発生する必要性を津波シミュレーションで調査した。

数値計算の結果、観測された津波の周期を表すためには、水深の浅い場所に津波波源が必要なことが分かった。観測波形に合う津波を発生させた可能性の高い場所は、湾内の3か所で得られた。流動性を変化させて地滑り波源を計算することにより、観測された潮位記録を説明するためには、低い流動性のパル湾沿岸での海底地滑りを津波波源として想定する必要があることが分かった。

キーワード：2018年スラウェシ島の地震、海底地滑り、津波シミュレーション
Keywords: 2018 Sulawesi earthquake, submarine landslide, tsunami simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2015年鳥島地震の津波データ同化
Tsunami Data Assimilation of the 2015 Torishima Earthquake

*王 宇晨[1]、佐竹 健治[1]、三反畑 修[1]、前田 拓人[2]
*Yuchen Wang[1], Kenji Satake[1], Osamu Sandanbata[1], Takuto Maeda[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

The 2015 Torishima earthquake (M5.9) occurred at the Smith caldera, on May 2, 2015. It had a CLVD-type focal mechanism and generated larger tsunami waves compared to its seismic magnitude (Sandanbata et al., 2018). Therefore, it was regarded as a ‘volcanic tsunami earthquake’ –a tsunami earthquake with volcanic origin. The tsunami reached Hachijo Island, Boso Peninsula and Shikoku Island, and were recorded by tide gauges and ocean bottom pressure gauges (Kubota, 2018). Fukao et al. (2018) proposed an opening horizontal sill model to explain its origin. The abnormal mechanism makes it difficult to forecast tsunami from its seismic magnitude.
Tsunami data assimilation forecasts the tsunami by assimilating offshore observed data into a numerical simulation, without the need of calculating the initial sea surface height at the source (Maeda et al., 2015). In the Nankai region, the Dense Oceanfloor Network System for Earthquakes and Tsunamis (DONET) records the water pressure and has real-time data transmission. Synthetic experiments showed that this observational system was able to forecast the waveforms at Shikoku Island by tsunami data assimilation approach (Wang et al., 2018). Here, we performed this method to retroactively forecast the tsunami of the 2015 Torishima earthquake. We assimilated the observations of 16 DONET stations and two ocean bottom gauges off Muroto. The tsunami waveforms at the tide gauges Tosashimizu and Kushimoto were forecasted, and compared with the actual records.
The comparison between forecasted and observed waveforms at two tide gauges suggested that our method could forecast the tsunami amplitudes and arrival time accurately. The tsunami warning could be issued to local residents of Shikoku Island more than one hour before its arrival. Our method is merely based on offshore observations, and could be implemented for future tsunami warning systems.

キーワード：津波データ同化、津波予測、鳥島地震
Keywords: Tsunami Data Assimilation, Tsunami Forecasting, Torishima Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底圧力観測網(S-net)を用い即時的に津波の規模を推定する手法の開発
Method for real-time estimation of tsunami sources using a network of dense ocean bottom pressure sensors

*井上 真優[1]、谷岡 勇市郎[1]、山中 悠資[2]
*Mayu Inoue[1], Yuichiro Tanioka[1], Yusuke Yamanaka[2]

1. 北海道大学、2. 東京大学
1. Hokkaido University, 2. The University of Tokyo

2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)が引き起こした津波は，東北地方の沿岸地域に大きな被害をもたらした．その後，防災科学技術研究所(NIED)によって，北海道沖から房総沖に日本海溝海底地震津波観測網(S-net)と呼ばれる海底観測網が設置された．近年，様々な研究者によってS-netで観測される津波波形を用いた津波即時予測手法が開発されている．しかし，それらの手法は専門家しか扱うことのできない難しい解析を必要としている．本研究では，高度な解析を行うことなく，S-netで観測された水圧観測記録のみを用いて津波波源域の位置と規模を即時的に推定する簡単な手法を開発することを目的とする．北海道太平洋沖のプレート境界型巨大地震によって発生する大津波を対象とする．プレート境界に沿ってM8.0からM8.8クラスの断層モデルを，位置や深さを変えながら想定し津波数値計算を行った．断層の大きさは先行研究で示されている4つのスケーリング則を用いた．S-net観測点の位置で計算される津波波形を，水圧波形に変換して観測波形として使用した．地震発生から500秒以内の観測波形を以下の3種類に分類して津波波源域の推定を試みた．①地震発生と同時に水圧の変化が下がり，回復しない波形，②水圧が最初に上昇し，のちに降下するまで1つの波が500秒間に完全に入っている波形，③それ以外の波形，の3種類である．①の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域内に含まれており，②の波形が観測されたS-net観測点は波源域内ではなく，その近傍に位置しており，③の波形が観測されたS-net観測点は津波波源域から遠くに位置していた．これら3種類に分類した波形を用いることで，津波波源域を推定することができた．次に，推定した津波波源域から，地震の規模の推定を行った．津波波源域の面積を計算すると，規模は波源域の面積からおおよそ予想できることがわかった．規模の推定誤差を計算するために，推定した波源域の面積すべてのデータから標準偏差を求め，誤差範囲を計算した．規模はM±0.08の推定誤差で求められることがわかった．最後に，提案した予測手法を1952年十勝沖地震と1968年十勝沖地震に適用し，正確に予測できるか検証した．どちらの地震も，津波波源域と規模を良く推定することができた．本研究で提案した予測手法は，津波即時予測の一部として，津波波源域と規模の推定に役立つことが期待される．

キーワード：津波予測、S-net
Keywords: Tsunami forecast, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋レーダによる津波予測におけるＡＩ技術の適用
Application of AI Technology for Tsunami Prediction by Oceanographic Radar

*横洲 弘武[1]、田中 良仁[1]、林 健次[2]、上原 謙太郎[2]
*hiromu yokosu[1], Yoshihito - Tanaka[1], Kenji - hayashi[2], Kentarou - Uehara[2]

1. 中部電力株式会社、2. 一般財団法人日本気象協会
1. Chubu Electric Power Co., Inc., 2. Japan Weather Association

浜岡原子力発電所では、津波を早期検知するため、海洋レーダ（HFレーダ）を設置し40km程度沖合までの海面流速を約1分毎に観測している。津波発生時にはその接近状況を捉え、到達する津波を予測することが期待される。

海洋レーダ観測では、広範囲の流速分布状況を一度に捉え、数値化した結果が得られる。津波の接近における流速の分布状況から、AI技術を用いた画像認識手法による津波予測について検討を行った。画像認識手法はAlexNet（畳み込みニューラルネットワーク）を用いた。津波の予測においては、「津波高（第一波）」および「到達時間」が重要であるため、津波高を1m間隔（津波高10m以下）もしくは2m間隔（津波高10m以上22m以下）、到達時間を1分間隔（1分~22分）とした374区分に分類し、画像認識手法で津波がどの区分に分類されるか、その正解率を検証した。

津波データには、浜岡原子力発電所に最も影響が大きい南海トラフを震源域とした地震による5千ケース超の津波シミュレーション結果を用いたが、大規模津波はケース数が少ないことから、秒単位のデータを用いる等を工夫した。またAlexNetはカラー画像（RGB）が扱えるため、学習データに3ステップ分の流速変化（現在時刻、現在時刻1分前、現在時刻2分前）をR,G,Bに適用することで、流速の時系列および位置情報等、規則性を反映することができ、画像変化（流速分布の変化）の特徴を捉えやすくした。

津波の規模は様々であるが、浜岡原子力発電所では、大規模津波（津波高10m以上）を予測することが重要であるため、ここでは「津波高10m以上」を対象とした結果を記す。全データのうち学習データとは異なるデータ（検証データ）を用いてAI予測の検証を実施した。学習データと検証データの割合は、それぞれ約80%、約20%とした。正解率は約77%であったが、時間についての前後1区分（到達時間±1分）を許容した場合、正解率は約94%と各段に向上し、本画像認識手法では到達時間より津波高の誤差が小さいと言える。

キーワード：津波予測、海洋レーダ、AI、AlexNet
Keywords: tsunami prediction, oceanographic radar, AI, AlexNet

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Development of the Tsunami Prediction System using fault plane solution of W-phase inversion

*Seolhan You[1], Mikyung Choi[1], Sun-Cheon Park[1], Hye-Won Lee[1], Duk Kee Lee[1]

1. Korea Meteorological Administration

Tsunami is a long-wave caused by earthquakes, submarine volcanoes or coastal landslides. The Korean Peninsula experienced tsunami damage followed by 1983 and 1993 Japan earthquakes. To respond to possible tsunamis in the surrounding seas, the Korea Meteorological Administration has operated tsunami warning system based on tsunami scenario database. Tsunami scenario database was constructed with the results (tsunami height and arrival time) of simulating tsunami assuming virtual earthquakes at each grid point spacing with 0.2˚ interval in surrounding seas of the Korean peninsula(120˚~142˚E, 25˚~45˚N) . Earthquakes were assumed with magnitude 6.0 to 9.0 having intervals of 0.2 on the fault plane which is from known information or which is assumed to generate higher tsunami in the coastal area. Therefore tsunami scenario database has a limitation that does not reflect the characteristics of earthquakes when they actually occur because the fault plane will be different from assumed one.
In this study, we have developed an algorithm for tsunami prediction capable of analyzing fault plane solution using W phase and simulating tsunami using the fault plane information. We tested the performance of the developed algorithm applying into the case of 1993 Japan tsunami. W phase inversion results were as follows: moment magnitude=7.7, depth=25.5km, strike=170.2˚, dip=45.3˚ and rake=77.8˚. As a result of tsunami simulation using the inversion results, the difference between the numerical results (tsunami height and arrival time) and measured data at tide stations was small. Therefore the algorithm for tsunami prediction may be used for tsunami warning as a complement to tsunami scenario database.

Keywords: tsunami, tsunami scenario database, W phase, tsunami prediction system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波に誘導される磁場変動は、津波到来前に陸上観測で捉えられるか？ー数値計算による知見からー
Can we detect tsunami magnetic signals at on-land observatories prior to tsunami arrivals? : From the perspective of numerical experiments

*南 拓人[1]、何 東政[1]、Zhiheng Lin[2]、藤 浩明[2]
*Takuto Minami[1], Tungcheng Ho[1], Zhiheng Lin[2], Hiroaki TOH[2]

1. 東京大学地震研究所、2. 京都大学大学院理学研究科
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. Graduate School of Science, Kyoto University

Tsunami flow crossing the geomagnetic field generates electric currents in the ocean and associated secondary magnetic fields due to the electromotive force. This tsunami-generated magnetic (TGM) variations are observable not only at the seafloor (e.g. Toh et al. 2011) but also at on-land magnetic observatories on islands or along coastlines (e.g. Tatehata et al. 2015). Most of the TGM data reported in previous studies are from the seafloor observations since TGM signals are much stronger at the seafloor, which implies that usage of off-shore seafloor magnetic observations is a sensible solution for tsunami early warning. On the other hand, much cheaper on-land magnetic observations may be useful because the vertical component of the TGM field precedes the tsunami arrival by approximately a quarter of the tsunami period in shallow oceans (< ~ 1000 m; Minami et al. 2015). Previous studies have never carefully investigated possibilities of using on-land magnetic data in tsunami early warning, because of the difficulty in evaluating the effect of realistic topography on the TGM variations at on-land observatories.

We conduct three-dimensional simulations of TGM signals to investigate feasibility of using on-land magnetic data for tsunami early warning, with the aid of the finite element simulation code by Minami et al. (2017). This study focuses on three devastating tsunami events in the past, the 1960 Chilean tsunami (Mw 9.5), the 2011 Tohoku tsunami (Mw 9.0), and the 1707 Hoei tsunami (Mw 8.7). For the three tsunamis, we adopt the source models of Ho et al. (2019), Satake et al. (2013), and Furumura et al. (2010), respectively. Although all the three large tsunamis did extensive damage, features of their topographies are distinct from each other. One of the features of coastlines in Tohoku is ria coast, while Nankai area of Japan includes capes and bays. As for Chilean coast for the 1960 event, a straight long coastline is present in the vicinity of Santiago, Chile. We set many virtual magnetic observatories and tide stations along the coastlines and investigate arrival times of tsunamis and TGM signals. In the presentation, we compare the arrival times of tsunamis and TGM signals at each virtual observatory and to discuss feasibility of using on-land TGM signals for tsunami hazard mitigation.

キーワード：津波、電磁気、シミュレーション
Keywords: tsunami, electromagnetic, simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波データベースとG-R則に基づく津波浸水確率
Probability of Tsunami Inundation Estimated from Tsunami Database and G-R law

*武田 達[1]、馬場 俊孝[1]、大角 恒雄[2]、藤原 広行[2]
*Toru Takeda[1], Toshitaka Baba[1], Tsuneo Ohsumi[2], Hiroyuki Fujiwara[2]

1. 徳島大学、2. 防災科学技術研究所
1. Tokushima Univ, 2. NIED

地震の発生時期や規模，不均質すべりの多様性等の不確実性を考慮した確率論的ハザード評価により強震動や津波の危険度が評価されている．津波の確率論的評価は海岸付近の津波高に留まっており，陸地への津波浸水の危険度を確率として具体的に示されてはいない．この要因は複数あるがそのひとつとして，浸水範囲や浸水深の評価には10m程度以下の詳細な地形データが必要で，それを用いて膨大な地震シナリオに基づく津波計算を行うことは，計算機の性能の面で難しかったという理由がある．しかしながら，計算機の性能の向上によりこの問題は解決しつつあり，さらに評価対象の地域を限定することにより，確率論的津波浸水ハザードの評価に関する手法や考え方を検討することが可能となってきた．そこで，本研究では評価対象の地域を南海トラフの一部沿岸に限定して，津波浸水確率の評価を試みた．

まず，高精度の地形データと多数の地震シナリオを用いて大規模計算を実施しデータベースを作成した．津波データベースの作成では，Hirata et al.(2017)の3967ケースの南海トラフ域の地震シナリオを使用し，これらの地震断層モデルによって発生する津波伝播および浸水計算を実施した．津波シミュレーションでは非線形長波式を差分法で解いた．ネスティング手法を用いて研究対象地域の空間分解能を向上させた．地形データには内閣府の津波想定で用いられたものを利用し，海岸構造物は越流した場合に完全破堤（計算上，海岸構造物がなくなる）するとした．さらに南海トラフエリアにて過去91年間に発生した地震よりグーテンベルク・リヒター則(G-R則)を使用して各マグニチュードについて割り当てる重みを設定し，その結果を基に各シナリオに重みを与えた．津波データベースと各シナリオの重みを基に，同じ地点ごとの値を足し合わせ浸水確率を求めた．

その結果，V字型湾の湾奥や河川の上流域の周辺で確率が高くなっている地域があるなど，地形的特徴によって浸水の確率が異なっている様子が確認された．今後は堤防の有無による浸水確率分布の変化についての調査や津波高のばらつき等の不確実性を考慮した解析を実施する予定である．

キーワード：確率論的津波浸水評価、グーテンベルク・リヒター則
Keywords: probabilistically assess tsunami inundation, G-R law

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波水位の感度カーネル分布を用いた津波伝播経路特定
The Detection of Tsunami Propagation Path by Using Sensitivity Kernel Distribution

*橋本 紀彦[1]、岡本 京祐[2]、津野 靖士[3]
*Norihiko Hashimoto[1], Kyosuke Okamoto[2], Seiji Tsuno[3]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、3. 公益財団法人鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3. Railway Technical Research Institute

津波伝播解析によって津波浸水高、到達時間といった情報を予測することは津波防災において非常に重要である。一方、沖合で発生した津波がどのような経路で我々の生活圏に襲来するのか、伝播経路を解明することも重要な課題である。津波の伝播経路は波向線法によって解析的に算出ことができ、かねてより線形長波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析と組み合わせて利用されてきた。ただし、波向線法では初期条件や境界条件を津波伝播解析と等しく設定することが困難であり、利用者が解析結果を考察する上でそれぞれの特性を十分理解して利用する必要があった。

そこで、地震波トモグラフィーで用いられるアジョイント場及び感度カーネル分布を津波の波動場に適用し、津波伝播経路の特定を試みた。本手法では、一般的な津波伝播解析に逆方向に津波波形を伝播させる処理を追加することで、津波波形の中から任意の成分の波形を抽出し、その伝播経路を特定することが可能である。

水深一様の理想空間において、ガウス分布で設定した初期水位から着目地点に伝播する津波の経路を推定し、本手法の有用性を確認した。さらに、遠地津波を対象にし、日本沿岸に到達する津波がどのような経路を伝播してきたのか、本手法を用いて算出した。津波伝播解析では、太平洋のほぼ全域を網羅できるように計算対象範囲を設定し、格子間隔10秒の地形モデルを用い、波源断層モデルには既往研究が豊富である1960年チリ地震津波を設定した。ハワイ諸島を南北挟んで伝播した津波が襲来する特性が見られ、波向線法による既往手法と同様の結果が得られた。

津波波形のうち、特定成分のみに着目して伝播経路を抽出する具体的な方法や分散波理論や浅水理論に基づく津波伝播解析に対する適用範囲を検討することで、更に応用範囲が広がると考えられる。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波伝播経路、津波伝播解析、波向線法、随伴法、アジョイント場、感度カーネル分布
Keywords: Tsunami propagation path, Tsunami propagation analysis, Wave ray method, Adjoint method, Adjoint field, Sensitivity kernel distribution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

震源スペクトル解析に基づく津波地震（スロー地震）の近地波形の推計とマグニチュードの評価

Estimation of local seismic waves and rapid magnitudes for ‘slow tsunami earthquakes’ based on moment rate spectrum

*西宮 隆仁[1]、勝間田 明男[1]
*Takahito Nishimiya[1], Akio Katsumata[1]

1. 気象庁気象研究所
1. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

地震発生後、最初期段階の津波予測は通常地震波から推定した震源の位置、マグニチュード（M）に基づく。
津波地震（スロー地震）は通常の地震に比べて高周波帯域で地震波エネルギーが極端に小さく、このため、地震波の観測振幅に基づいては速やかにはMを適切に推定できないと考えられる。最初期の津波予測に用いるためのMについて定量的に評価したいが、津波地震（スロー地震）の震源近傍の地震波形記録はあまりない。

そこで、遠地広帯域波形記録をもとに震源スペクトルを推定（西宮・勝間田,JpGU Meeting 2018）し、それに基づき、津波地震が発生した場合の近地における地震波振幅の推計を試みている（地震学会2018秋季大会）。
速やかに推定するMとして気象庁マグニチュード（M_J）、気象庁が巨大地震の過少評価対策として導入している100秒マグニチュード（M_{100}: Katsumata et al.(2013)の100秒low-cut filter 波形によるマグニチュード）があり、震源時間関数を仮定して計算した震央距離1000kmまでの範囲の理論波形の振幅からそれぞれ試算した。なお、GNSSに基づくREGARD(Kawamoto, 2017)もあるが、ここでは規模の小さな地震も対象とできる地震波からの規模推定を考える。

その結果、例えば1994年6月のジャワ島沖地震（M_w7.8）が東北地方太平洋沖で発生したと仮定した近地波形からは、M_Jはモーメントマグニチュード（M_w）よりも1以上小さいM6クラスとかなり過小となった。M_{100}ではM_Jよりも大きくなるものの0.5程度以上小さくやはり過小となった。
一方、2010年10月のスマトラ島沖地震を模した地震波形では、M_Jは-0.5程度と極端に過小とはならないものの、一方でM_{100}も同程度にとどまった。
なお、USGSのWebサイトによれば、1994年の地震で表面波マグニチュード（M_s）はM_wに比べて0.5以上小さいが、2010年の地震でM_sはM_wと同程度という特徴がある。

M_{100}-M_Jの値が津波地震（スロー地震）判定に有効である可能性がある。ただし、M_{100}そのものも過小となる可能性が高い。また、M_JとM_{100}とが同程度となって差が大きくはない場合でも津波地震（スロー地震）である場合があり得る。

キーワード：津波地震、震源スペクトル、近地波形、マグニチュード
Keywords: tsunami earthquake, spectrum, local seismic wave, magnitude

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

津波シミュレータTNSの開発とVersion1.0の公開
Development of tsunami simulator TNS and release of version 1.0

*三好 崇之[1]、鈴木 亘[1]、近貞 直孝[1]、青井 真[1]、赤木 翔[2]、早川 俊彦[2]
*Takayuki Miyoshi[1], Wataru Suzuki[1], Naotaka YAMAMOTO CHIKASADA[1], Shin Aoi[1], Sho Akagi[2], Toshihiko Hayakawa[2]

1. 国立研究開発法人防災科学技術研究所、2. 三菱スペース・ソフトウエア株式会社
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Mitsubishi Space Software Co.,Ltd.

津波は，海底地殻変動などによって海水に擾乱が生じて，重力を復元力として周囲の海域に伝播し，しばしば陸域に遡上する自然現象である．防災科学技術研究所（以下，防災科研）では，遡上までを含めた津波現象を差分法による数値計算によってコンピュータ上で迅速に実施できるソフトウェアの開発を進めてきた（三好・他, 2018 JpGU）．ソフトウェアの名称は，津波シミュレータ（TNS: TsuNami Simulator）である．

TNSは，CPU版とGPU版で開発を進め，CPU版の主たる計算コードはFortran 90でプログラム群の開発を行い，GPU版はCUDA7.5に準拠してCUDA Cで開発を行った．計算コードは，基本的にはTUNAMI-N2（Imamura et al., 2006）と同等の実装をしており，Cartesian座標系において，空間格子幅の比を1:3とするネスティング格子を用いた二次元非線形長波理論に基づく津波伝播・遡上計算が実施可能である．初期水位は，地殻変動計算プログラムDC3D（Okada, 1992 BSSA）を用いて，設定した震源断層面に対して半無限媒質での地殻変動を計算する．水平変動（Tanioka and Satake, 1996 GRL）や，Kajiura（1963, BERI）による水理フィルタも適用可能である．沖側は透過境界（Imamura et al., 2006）および吸収領域（例えば，Clayton et al., 1977 BSSA）を設け，陸側は遡上境界（小谷ほか, 1998 海岸工学論文集）を設定できる．遠地津波に対しては，球座標系を導入し，浸水計算を含む近地においてCartesian座標に接続した．球座標の計算では，転向力や分散効果などの従来の定式化に加えて，荷重効果（Inazu and Saito, 2013 EPS）を考慮できるようにした．

データベース検索型の津波遡上即時予測では，大量の津波シナリオが必要である．TNS開発版から，津波シナリオバンクの構築に必要な部分をパッケージ化し，TNS Version1.0として公開した（三好・他, 2019 防災科研研究資料）．ユーザは研究者，技術者，自治体の防災担当者を想定しており，一般的なLinux環境のもとで計算が可能なようにした．パッケージには，操作手引書，Linuxでコンパイル済みの実行ファイル，例題と入力ファイル設定例を含めた．また，内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で用いられた地形データなどをTNS Version1.0に適用できるツールも含めた．ソルバーは，CPUによる逐次計算に加えて，Open MPによるスレッド並列，GPGPUによる計算に対応し，計算の高速化を実現した．

謝辞：本研究の一部は，総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）による．

キーワード：津波、浸水、差分法、ネスティング格子、GPU
Keywords: Tsunami, Inundation, Finite-difference method, Nesting grid, GPU

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大阪市を対象とした南海トラフ巨大地震による津波浸水シミュレーションの一考察

A Study on Tsunami Inundation Simulation for the Nankai Trough Earthquake for Osaka City

*河路 薫[1]、津野 靖士[2]
*Kaoru Kawaji[1], Seiji Tsuno[2]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

津波への防災対策を立案するにあたって地震が起きることで津波がどのように発生し、それがどのように来襲するのかは非常に大事な要素である。内閣府から最大想定波源として南海トラフのシナリオ断層震源モデルが発表されてから各自治体などではこれを用いて様々な防災対策などの検討が実施されている。本研究は、2012年8月に内閣府から発表された南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）の全11ケースの断層モデルを用いて大阪市を対象に津波浸水シミュレーションを実施し、その結果について検討を行ったものである。

津波浸水シミュレーションにおける地形モデルは内閣府が公開している地形データを用い、断層から沿岸までを含む約1200㎞×800㎞を1215m格子でモデル化した。計算時間は、津波による最大浸水範囲、最大浸水深が計算できるように最大6時間とし、計算時間間隔は計算が安定するように0.01秒間隔とした。

断層震源モデルにおけるパラメータ（すべり角、位置、破壊開始点）などが違うと津波波高、津波到達時間、浸水範囲などの津波特性に違いが見られるはずである。しかし、11ケースの断層モデルによって大すべり域の位置や破壊開始点の位置は異なるものの大阪湾内における観測点ではどのケースでもほぼ同様な津波水位、到達時間となっていることが確認された。また、最大波高出現時間についてもケースよらず破壊開始から30分以内であることも分かった。この傾向は大阪湾から沖合に向かった紀伊水道付近でも同様に見ることができ、紀伊半島と高知・香川に挟まれた入り組んだ海峡部の地形の影響であると考えられる。今後さらに多角的な検討を進め、その結果についても併せて報告する予定である。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ地震、大阪湾
Keywords: Tsunami inundation simulation, Nankai Trough Earthquake, Osaka-bay

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海溝型巨大地震を対象とした津波浸水域データベースの構築
Database construction of Tsunami inundation simulation for large subduction earthquakes

*是永 眞理子[1]、津野 靖士[2]、河路 薫[1]
*Mariko Korenaga[1], Seiji Tsuno[2], Kaoru Kawaji[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ　株式会社、2. 公益財団法人　鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

海溝型巨大地震の危険が喫緊の問題となっている南海トラフ域においては、発生直後から浸水開始する地域もあり、事前に最大浸水深や浸水可能性の有無を把握することが防災上非常に重要である。そこで、鉄道構造物に対する津波防護の観点から、太平洋沿岸の特定都市を対象として多数のシナリオ地震を想定し、沿岸近傍での津波水位と津波浸水域のデータベース化を実施した。この結果を利用し、沿岸までの予測結果と比較して最大浸水域によるリスク評価や、避難猶予時間の検討に活用する。

南海トラフ域のシナリオ地震は、防災科学技術研究所（2012）及び津野（JPGU,2016）に倣い複数のセグメントの連動として組み合わせて、Mw8～9レベルの波源断層モデルを81個設定した。連動モデルでは平均すべりの2倍のすべり量を受け持つ大すべり域を内在するモデルを設定し、震源域内で深さ方向に2パターン、走向方向に3パターンの大すべり域の位置の違いを表現した。更に、内閣府（2012）が公開する最大クラスと同等のレベル（5～6連動）、且つ、海溝軸まで震源域が到達している場合、平均すべり量の4倍のすべり量の超大すべり域を設定した。

各地域において、海岸線の前面に大すべり域や超大すべり域が存在するときには沿岸波高が高くなる傾向にあるが、浸水域の広がりは大すべり域の傾斜方向の位置とも関連していることが示された。得られた多様な浸水域を定量的に検証しつつ、鉄道防災的な観点から津波被害の軽減にはどのような情報が重要であるかを議論したい。

本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波浸水シミュレーション、南海トラフ、防災
Keywords: Tsunami simulation, Nankai trough, Reduction of disaster damage

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ巨大地震津波による土砂移動解析
Sediment Transport Modeling due to Tsunamis caused by the Nankai great earthquakes

*齋藤 琢也[1]、山下 啓[2]、馬場 俊孝[1]
*Takuya Saito[1], Kei Yamashita[2], Toshitaka Baba[1]

1. 徳島大学大学院、2. 東北大学
1. Tokushima Univ., 2. Tohoku Univ.

浅海域に来襲した津波は海底および陸上で土砂を移動させ地形を変形させる．これは海岸構造物の倒壊や航路の埋没，発電所の取水口閉塞などの被害の原因となる．2011年東北地方太平洋沖地震でも洗堀による海岸堤防の倒壊や航路の埋没といった事例がみられた．また，今後起こりうる巨大地震・津波を想定するためには，できるだけ過去に遡り地震・津波の発生をより正確に調査する必要がある．歴史地震や古地震については史料や地質調査に頼るほかなく，津波による堆積物は史料の少ない歴史地震において重要な情報となる．そこで，本研究では土砂移動モデルを用いて南海トラフ地震の津波による侵食・堆積状況をシミュレートした。

本研究では，高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデル（STM）を用いた．このモデルは、大きな乱れが生じる非定常性の強い津波を扱うため流砂現象を二層に分離し、砂の巻き上げと沈降が非平衡な状態においても適用可能なモデルである．STMにより内閣府が想定する南海トラフ巨大地震と1707年宝永地震の断層モデルを波源として土砂移動を計算した．研究対象地域は四国の橘湾と岡村ら（2012）によって津波堆積物が調査された四国最東端の岬にある蒲生田大池である．蒲生田大池では宝永地震に対応する津波堆積物は発見されず，今から約2000年前の津波堆積物が確認されている．

橘湾内には多数の島が存在しており，その島間の海峡や岬の先端部，河川の河口付近や海岸堤防付近の流速が大きい場所で侵食がみられた。その周辺では堆積が確認された．地形の最大変化量は，内閣府想定のモデルで侵食が約10m，堆積が約6mであった．宝永地震では浸食が約6m，堆積が約2mであった．津波堆積物の調査記録との比較については，今回の検討では宝永地震モデルでも内閣府想定のモデルでも津波が流入せず，よって堆積も発生しなかった。当時とは地形が異なる点が影響しているとも考えられるので，引き続き計算条件を変えて検討する。また，他の地点の津波堆積物との比較も行う。

謝辞：本研究では高橋ら（1999，2000，2011）によって開発された土砂移動モデルを利用させていただきました。本研究は科研費JP15H05718の助成を受けています。記して感謝いたします。

キーワード：南海トラフ地震、土砂移動モデル
Keywords: Nankai Trough Earthquake, Sediment Transport software

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福島第一波高計記録を再現した東北地方太平洋沖地震津波モデル
Tsunami model of the 2011 Tohoku Earthquake reproducing the wave gauge record offshore the Fukushima Daiichi NPP

*金戸 俊道[1]、西 愛歩[2]、安中 正[2]
*Toshimichi Kaneto[1], Ayumi Nishi[2], Tadashi Annaka[2]

1. 東京電力ホールディングス株式会社、2. 東電設計株式会社
1. Tokyo Electric Power Company Holdings,Inc, 2. Tokyo Electric Power Services Co,Ltd

1. 研究の目的

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震において、福島第一原子力発電所では、運転中であった1号機～3号機が停止後の炉心の冷却に失敗し、炉心を損傷する事故（過酷事故）に至った。東京電力では、東北地方太平洋沖地震津波の理解と原子力発電所の津波評価への活用を目的として、東北地方太平洋沖地震の津波波形、地殻変動、痕跡高のデータを説明する波源モデル（L67モデル）を設定した。

L67モデルは、福島第一沖合に設置されていた波高計記録の第一波、第二波の１段目まではほぼ再現することができたが、第二波の2段目については再現性が十分でなかった。これについて、今村・他(2016)は、杉野・他(2013)のモデルのすべり量を微調整することにより、第二波の2段目まで再現するモデルを提案しているが、本研究では以下の検討を行うことでさらなる再現性の向上を試みた。

2. 研究の内容

(1) GPS1秒データを用いたインバージョン

L67モデルの検討の際に考慮した問題として、既往の津波波源モデル（内閣府(2012)、杉野・他(2013)、Satake et al. (2013)）が地震動データによるモデルや陸域の地殻変動の時間変化に比べ、すべりに時間がかかりすぎていることがあった。これを解消するために、すべりの時間窓を30秒×3とし、破壊にあまり時間がかからないようにしてインバージョンを行っていた。

本研究では、国土地理院から公開されているGPS１秒データを併用すれば、時間窓を強制的に短くしなくても、すべりにかかる時間を自然に短くできるのではないかと考え、津波波形とともにGPS１秒データをインバージョンに取り込んだ。インバージョンに使用した具体的なデータ等は以下のとおり。

GPS１秒データとして「1Hz_2hr_files」をダウンロードして使用した。インバージョンには、震源時から6分間の記録が完全な391点の記録を用いた。グリーン関数は、Frankel (2013)による6層地盤モデルを用い、プログラムaxitraにより計算した。

地殻変動データとして海底の8地点のデータを用いた。観測された津波波形として44点の記録を用いた。

インバージョンにより得られた波源モデルの比較用として、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ（ttjt_survey_29-Dec-2012_tidecorrected_web.csv）から3882点、電力サイトのデータ185点のデータを用いた。

インバージョンには、非負最小2乗法のプログラム（Lawson and Hanson (1974)）を用い、1276個の小断層を147個のブロックに分け、破壊伝播速度2.0km/s、時間窓30秒×5個として、147×5＝735個のすべり量を決定した。

(2) 「仮想津波記録」を用いたインバージョン

福島第一沖合波高計記録は、非線形の影響が強く、線形インバージョンで使用できるのは、初動付近に限られている。そのため、福島第一沖合の水深50mの位置で、初期断層モデルとグリーン関数を用いて「仮想津波記録」を設定し、その波形を調整した波形を「観測記録」としてインバージョンに追加することにより、計算波形を波高計記録に近づける方法を用いた。

この方法は、痕跡記録との適合度を改善するためにも用いた。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3. 結論

上記に示すインバージョン手法により、福島第一沖合波高計記録を良好に再現する津波波源モデルを設定した。このモデルは、GPS 1 秒データを併用することにより、すべりに時間がかりすぎるという問題を解消し、「仮想津波記録」を用いる方法により、福島第一沖合波高計記録をL67よりも良好に再現している。また、観測された津波波形との適合度、痕跡高との適合度はL67と同程度である。

文献

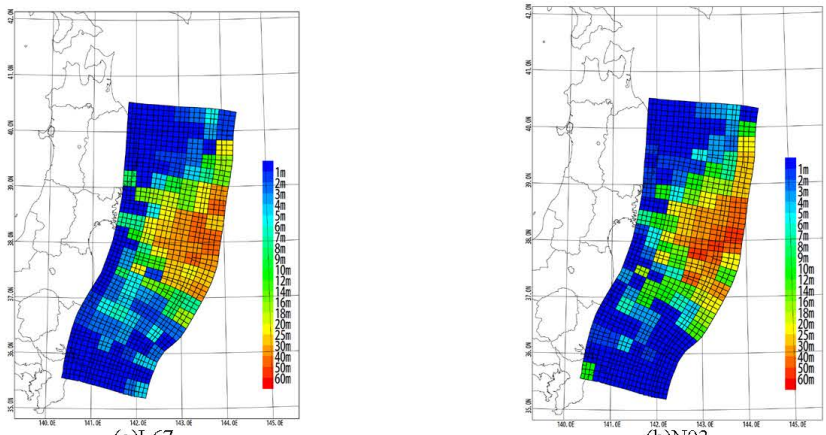
今村・他(2016)：修正された東北地方太平洋沖地震津波モデルによる福島第一原発サイトへの影響再評価，土木学会論文集B2（海岸工学）, Vol.72, No.2,I-361-I-366

謝辞

GPS 1 秒データ（1Hz_2hr_files）は、GSI (Geospatial Information Authority, japan)、NGDS (Nippon GPS Data Service, Japan)、Hitz (Hitachi Zosen Co., Japan)、GPSS (GPS Solutions, Boulder, CO, USA)、VERIPOSによるものを使用させていただいた。

キーワード：津波波源モデル、東北地方太平洋沖地震、福島第一原子力発電所、GPS1秒データ
Keywords: tsunami source model, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Fukushima Daiichi nuclear power plant, 1-second sampling GPS data

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



(a)L67　　(b)N03

図1　波源の比較

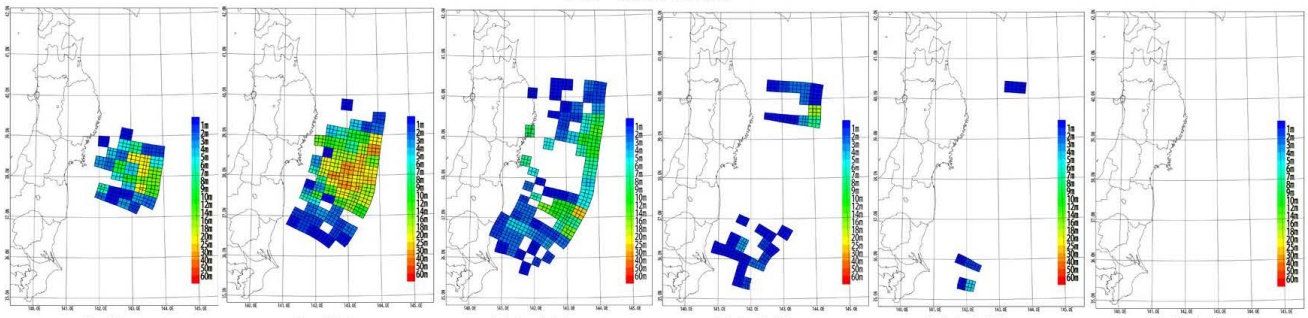


図2　破壊進展図(L67)

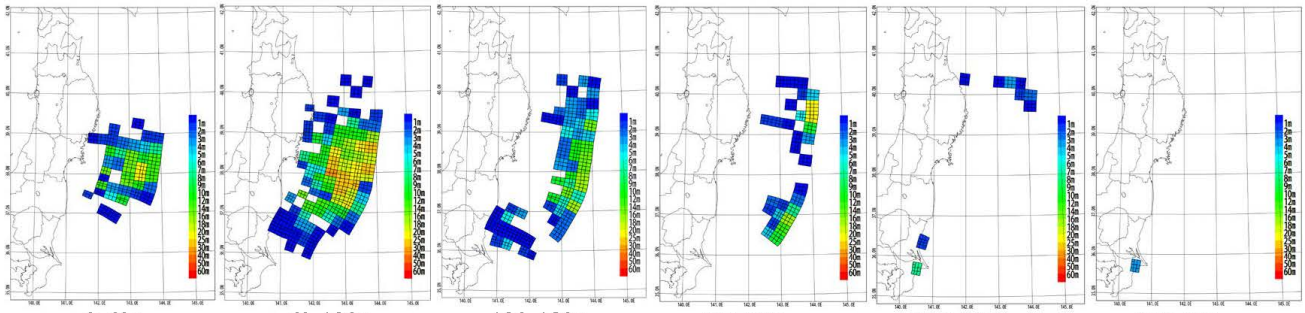


図3　破壊進展図(N03)

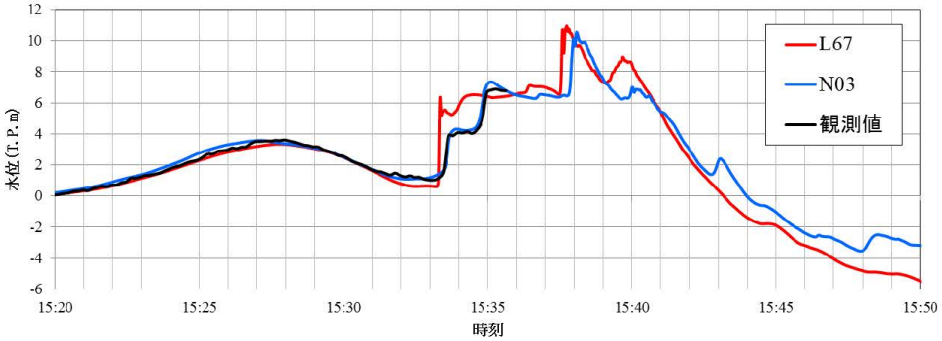


図4　波高計での観測値と計算値の水位時刻歴

表1　適合度表 (K, κ)

	L67		N03	
	K	κ	K	κ
北海道～千葉 (3882 点)	1.00	1.34	1.00	1.34
福島第一 (19 点)	1.00	1.10	0.99	1.11
福島第二 (71 点)	0.99	1.18	1.00	1.13

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北地方太平洋沖地震における鉄道構造物を対象とした津波被害関数の構築

Development of tsunami fragility curves on railway structures based on the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

*大野 哲平[1]、津野 靖士[2]、佐藤 祐子[2]、是永 眞理子[1]
*Teppei Ono[1], Seiji Tsuno[2], Yuko Sato[2], Marioko Korenaga[1]

1. 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社、2. 鉄道総合技術研究所
1. ITOCHU Techno-Solutions Corporation, 2. Railway Technical Research Institute

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は東北地方沿岸の鉄道構造物に甚大な被害を与えた。鉄道構造物の将来的な津波に対するリスクを把握するためには、これらの被災データから津波被害関数を構築することが有効である。被害関数は対数正規分布・正規分布で表されるのが一般的である。本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う鉄道構造物の被害データおよび浸水深をGIS上で統合することにより津波被害関数を構築した。なお、津波被害関数の構築手法は越村ら(2009)を参考にした。

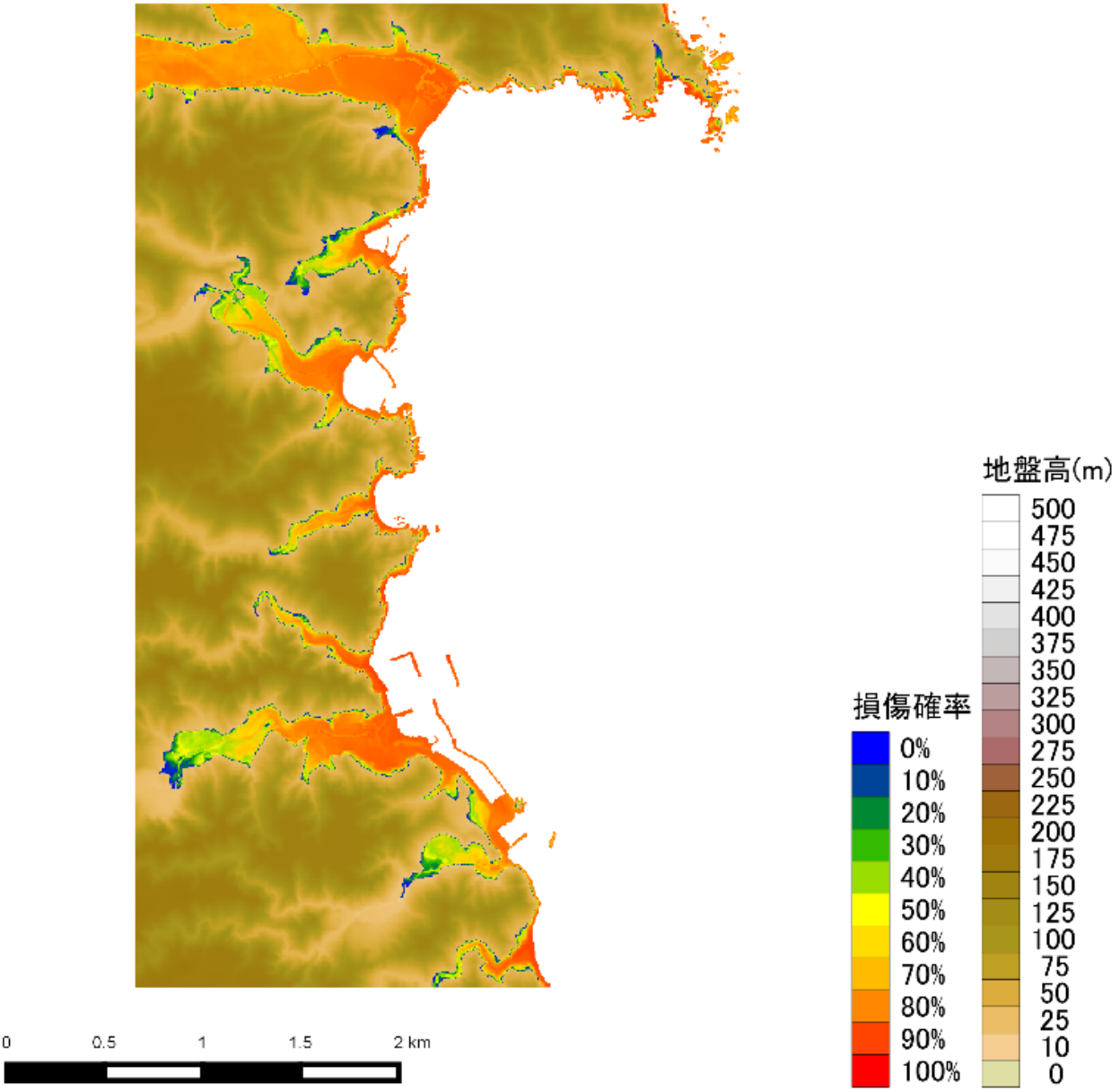
本研究では、複数の文献から東北地方太平洋沿岸に位置する鉄道構造物の位置データおよび被害データを収集した。まず、鉄道構造物が位置する津波の浸水深を算出するために、国土交通省都市局・復興支援調査アーカイブで公開されている100m×100mメッシュの2011年東北地方太平洋沖地震の浸水深データを利用した。次に、鉄道構造物の位置を算出するために、国土交通省の国土数値情報の鉄道データおよび国土地理院の基盤地図情報を利用した。鉄道構造物の種類は、駅、橋りょう、トンネル、踏切、路盤、擁壁、函渠、盛土、切土など多岐にわたる。また、鉄道構造物の構造種別も、土、C造、RC造など多様である。構造種別の影響を考慮するために、全被害データを用いた場合と構造種別をRCに限定した場合で津波被害関数を作成した。

その結果、多種多様な鉄道構造物を一律に評価しているため、越村・郷右(2012)で示されている2011年東北地方太平洋沖地震における建物に対する津波被害関数と比較して、勾配が小さくなる傾向が示された。さらに、作成した津波被害関数の再現性を確認するために、宮城県石巻と岩手県島越を対象として、内閣府モデル（2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル）の浸水深分布から鉄道構造物の津波損傷確率を示した。

謝辞：本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

キーワード：津波被害関数、東北地方太平洋沖地震、鉄道構造物
Keywords: Tsunami fragility curve, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, Railway structures

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東日本大震災における宮城県市町村での死因の特徴
The characteristic of the cause of death in each city in Miyagi prefecture during the Great East Japan Earthquake

*門廻 充侍[1]、今村 文彦[1]
*Shuji SETO[1], Fumihiko IMAMURA[1]

1. 東北大学　災害科学国際研所
1. IRIDeS, Tohoku University

2011年3月11日に発生した東日本大震災によって，死者15,897人，行方不明者2,534人の人的被害が発生した（警察庁，2012）．警察庁（2012）の報告によれば，東北3県における犠牲者の死因は，津波に関連する溺死が90%であった．青木ら（2012）は，実際に死体検案業務に従事した医師に対するアンケート結果を報告した．その中で，「90%が溺水という死因統計について，回答者の2/3弱が妥当と回答した」という結果を示す一方で，「現実の問題として溺水と記載せざるを得ない」，「3月派遣者の回答においても，23%が（溺水が妥当か）わからない，5%が無回答であったことがこの問題の扱いの難しさを示している」という見解が示された．これは，津波災害における多様な死因の可能性を示唆している．生存者（河北新報，2011）から，溺死にまで至らなかった場合でも低体温症により死亡したと考えられる事例が報告されている．このように，溺水以外にも致死に関係する可能性が示されており，今後の津波対策においても，これらを考慮した対策が求められている．

門廻・今村（2019）は，宮城県警察本部から提供された震災データ（犠牲者情報）を用いて，東日本大震災における宮城県での死因を分析した．東日本大震災時の検案状況を踏まえ検討した結果，頭部の損傷，頸部の損傷，胸部の損傷，外傷性ショック，詳細不明の多発性損傷，窒息，溺死，焼死，低体温症，心疾患，その他，不詳の12種に分類できる事を示した．また，宮城県における各死因の割合を明らかにした．東日本大震災における人的被害をより詳細に明らかにするためにも，上記12種を考慮した各市町村の死因の特徴を明らかにする必要がある．

本研究では，宮城県警察本部から提供された震災データ内の位置情報を用いた分析を実施した．提供データ内には，犠牲者の位置情報として，登録住所と遺体発見場所の2つの情報がある．そこで，各位置情報と上記12種の死因を組み合わせ，宮城県市町村における各死因の特徴を明らかにした．

キーワード：東北地方太平洋沖地震津波、災害科学
Keywords: The 2011 Tohoku earthquake tsunami, Disaster science

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

２０１１年千葉県旭市飯岡の津波第３波に伴い生じた反射南下流について
The reflective south going current, accompanied by the third wave of Tsunammi at Iioka , Asahi City , Chiba Prefecture in 2011.

*春川 光男[1]、橋本 昇[1]、大嶋 文男[1]
*Mitsuo Harukawa[1], Noboru Hashimoto[1], Fumio Ooshima[1]

1. 2011年旭市の津波被害を記録する会
1. The Group of Recording for Tsunami Damage of Asahi City in 2011

千葉県旭市飯岡では午後５時台に西岸の沖合を北上する「第３波本体の波」を遠く見送って間もなく、突然、西岸に沿って「南下する流れ」に襲われた。本発表では「南下流」が生じた原因について述べる。

私たちは旭市沿岸の全戸訪問を実施して聴き取り調査を行い、約６５０の体験談や目撃談を収集した。その中に「北上する第３波本体の波」と「南下流」との関係についての証言が複数あった。それらを要約すると、**『「北上する第３波本体の波」が飯岡の北岸にぶつかると、やや東寄りに跳ね返されて、飯岡西岸の防潮堤をなめるように南下し、それが「北上する後続流」と離岸堤の内側で衝突して波高を増し、防潮堤を乗り越えて家々を北から南へなぎ倒しながら進んだ』**という内容だった。

私たちは高台から撮影された斜め写真や、防潮堤から撮影された地上写真を単写真測量で解析して「南下流」の波面の走向をもとめて波面図を作成した。その結果、「南下流」の波面は「北上する第３波本体の波」の東側への回り込みでは説明が難しく、「南下流」は目撃証言のように「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである、と考えることが合理的であるように思われる。

一方、テレビ報道では、「第１波のエッジ波が飯岡の海岸にとどまり続けた」とされ、「南下流」は第１波の「エッジ波」であり、これに「第３波（本体）」がぶつかって波が高まり飯岡に被害を与えた、と説明されていた。（ＦＮＮ「わすれない　巨大津波　３年後の新検証」（今村文彦解説　２０１４年３月９日放送）

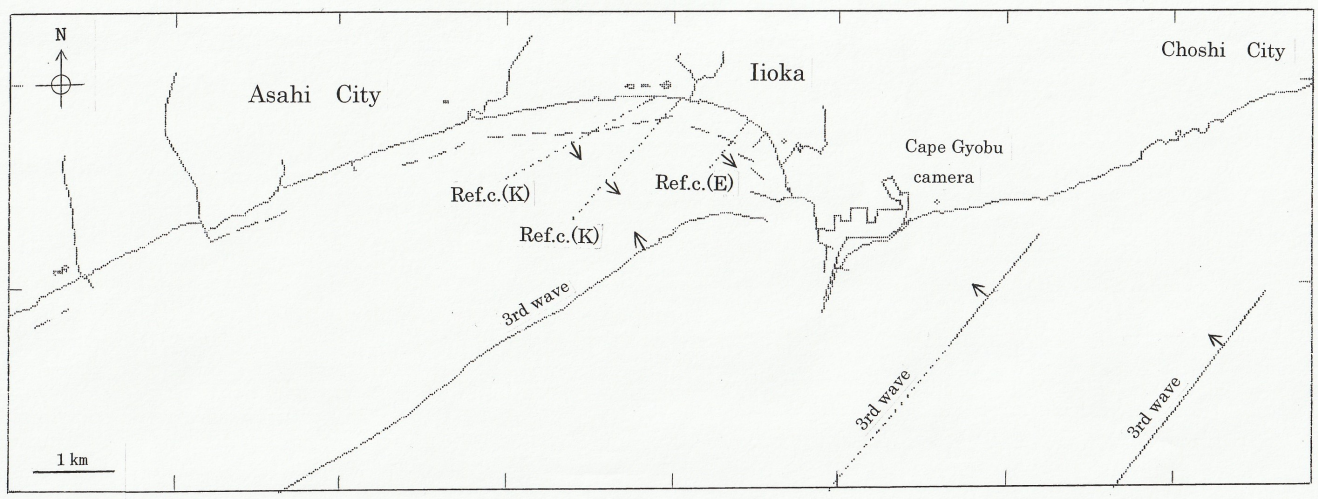
しかし、飯岡では第１波の後、第２波と第３波（特に第２波）の前に潮が大きく引き、湾の海底が干出して広大な砂浜が現れていたので、飯岡の海岸に「第１波のエッジ波」がとどまり続けたという事実はなかった。

【結論】「南下流」は第１波によるエッジ波ではなく、「北上する第３波本体の波」の北岸接岸時の反射に由来する流れである。これが北上する後続流と離岸堤内で衝突して高まり、飯岡西岸を襲った。

【文献】春川光男(2013) 日本地球惑星科学連合2013年大会予稿集HDS26-15

キーワード：波面の走向、写真測量、反射波、千葉県、旭市、飯岡
Keywords: strike of wave plane, photogrammetry, reflective wave , Chiba Prefecture, Asahi City, Iioka

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価
Evaluation of spring, groundwater and stream water quality for use as a cooling heat source at Iwaki volcano

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2]
*Seiichiro Ioka[1], Kazuyoshi Asai[2], Kazumi Asai[2]

1. 弘前大学地域戦略研究所、2. 株式会社地球科学研究所
1. Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, 2. Geo Science Laboratory

岩木山では，これまで地熱発電開発に必要な冷却熱源に関する調査研究は実施されていない。したがって，本研究では地熱発電，主に地熱バイナリー発電を実施する際に必要な冷却熱源として湧水，地下水，沢水の利用可能性について，沈殿物の生成の観点から水質特性から評価することを目的とした。

対象とした試料は，岩木山域に存在する湧水10地点，地下水2地点，沢水18地点である。計測項目は，pH，電気伝導率，水温，流量である。分析項目は，Li^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}, Fe, Mn, Sr, Ba, Cu, B, Si，アルカリ度，溶存有機炭素，$\delta^{18}O$，δDである。沈殿物の生成評価はPHREEQC Interactive Version.3.4.0.12927を用いて実施した。

沈殿物の生成は，採水時の平均温度10℃と加温15℃で評価した。その結果，カルサイトや非晶質シリカは，すべての湧水，地下水，沢水で10℃，15℃ともに飽和指数が未飽和であり，沈殿物の生成が起きにくいことが評価された。一方，鉄の沈殿物は，Fe濃度が0.005mg/L以上認められた沢水において飽和指数が過飽和を示したが，0.1mg/L以上の地点が2地点のみで利用時，その地点を利用しなければ影響は少ないと考えられる。以上，沈殿物生成の観点から本地域の湧水，地下水，沢水は，冷却熱源利用としての有効活用が可能である。

キーワード：岩木山、水質、冷却熱源利用
Keywords: Iwaki Volcano, water quality, cooling heat source use

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴 ー地下水の熱利用を見据えた検討ー

Characteristics of the confined groundwater based on the monitoring results in the western part of Osaka area: For thermal utilization of groundwater

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]
*Hiroko Ito[1], Naoko Kitada[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

再生可能エネルギーの普及拡大が全国的に推進される中，大阪地域においても，地下水の熱利用に関する検討が進められている。大阪市内では，帯水層蓄熱型（Aquifer Thermal Energy Storage; ATES）のオープンループシステムによる地下水の熱利用の実証試験が行われ，揚水規制の緩和を前提とした地下水利用が積極的に推進されるなど具体的なプロジェクトが進行している（大阪市，2018）。このような背景を受け，我々は，西大阪地域を対象としてATESシステムによる地下水の熱利用を見据えた被圧地下水の調査研究を行った。

西大阪平野には海成粘土層が水平に厚く堆積し，その間の砂礫層の連続性も良好である（KG-NET・関西圏地盤研究会，2007）。完新統の粘土層（Ma13層）の下位に分布する砂礫層は「第１被圧帯水層（Dg1）」，最上位更新統の粘土層（Ma12）の下位に分布する砂礫層は「第２被圧帯水層（Dg2）」を形成し， Dg2の下位には「第３被圧帯水層（Dg3）」が分布する。ATESシステム利用の際には，地盤沈下のリスクを避けるためDg2またはDg3に賦存する地下水を利用する必要がある（大阪市，2018）。しかし，周辺地盤への影響評価を行う上では，Dg1の地下水の性状も明らかにしておく必要がある。そこで本研究では，ATESシステム導入前における地下水の性状（初期値）を詳細に把握するとともに，ATESシステム導入時の課題や留意点について検討するため，上記の３層の帯水層に賦存する地下水の水位・水温・水質のモニタリング調査を実施した。

地下水の水質分析の結果，全ての試料でNa^{+}-Cl^{-}型の主成分組成を示した。調査地域の北部（梅田～福島）よりも南部（中之島より南側）において溶存成分濃度が高く，Dg1の地下水は最大で海水の25%程度の塩分濃度を示した。水の酸素・水素安定同位体比の分析結果から，特にDg1の地下水には海水が混入している可能性がある。また，Dg1，Dg2，Dg3ともに還元的な地下水質を示し，例えば，鉄は約80%が溶存態として存在することが明らかとなった。硝酸性窒素や硫酸イオンがほとんど検出されないことも，本研究で分析した地下水が還元的な水質組成であることを支持する。そのためATESシステムを長期的に運用する際には，水酸化鉄の沈殿によるストレーナの目詰まりを防止するため，還元的な環境が保持されるシステムを構築する必要がある。また，各帯水層の地下水の水質特性が有意に異なることから，熱利用のために揚水した地下水は，確実に元の帯水層へ還水すべきである。

地下水位はいずれの帯水層でも調査地点ごとの大きな差は認められず，調査地域全体として停滞した地下水環境であることが示唆された。Dg1の地下水位は概ねT.P.-1.5～-1.0m程度で，緩やかに季節変動している。最も西側の調査地点で定常的に水位がわずかに高いことから，西から海水が緩やかに流入している可能性がある。このような特徴は，上述の水質分析の結果とも整合的である。Dg2の地下水位はT.P.-1.0m程度でほぼ一定で，調査地点ごとの明瞭な違いもみられないため，地下水がほとんど流動していない状況が示唆される。また，2017年に数回，周辺工事の影響と推測される短期間で急激な地下水位低下が全地点のDg2で確認され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た。しかし，Dg1およびDg3の地下水位にはこのような変化は見られなかったため，少なくとも本調査地域内では，Dg1，Dg2，Dg3がそれぞれ粘土層によって遮水された独立した帯水層であると考えることができる。

地下水の水温は，ATESシステムの設計や熱効率，揚水（還水）が周辺環境に与える影響などを評価するための基礎データとして重要である。本調査では，鉛直方向への連続水温測定（1m間隔）を年4回実施した。表層から深度30m付近までは季節変動と地点ごとの差異が認められたが，深度30mより深部では季節を通じて18℃程度とほぼ一定で，地点ごとの差もほとんどなく安定した値を示した。ただし，上町台地に近い調査地点では，同じ深度でも西側の他地点より定常的に2℃程度高かった。そのため，大阪市内でも地下水の熱利用効率が地区ごとに異なる可能性があるが，現時点ではまだ地点数が少なく詳しく言及できないため今後の検討課題である。

最後に，本研究は，NEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）により実施したものである。

キーワード：西大阪地域、ATESシステム、被圧地下水
Keywords: western part of Osaka area, Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) system, confined groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

Predictability of Wind Power Ramp Events based on Dynamical and Statistical Ensemble Prediction

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1]
*Daisuke Nohara[1], Takeshi Watanabe[1], Masamichi Ohba[1], Shinji Kadokura[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

風速の急変化よって生じる風力発電出力量の急変化現象（ランプ現象）は，電力系統の安定運用に大きく影響を与えている．日本では，ランプ現象は主に温帯低気圧の発達やその進路等の総観規模擾乱の影響を受けているため，ランプ現象の予測精度向上のためには，総観規模の気圧配置の適切な予測が必要となっている．一方，大気力学に内在するカオス性により，予測を大きく外すこともあり，このようなカオス性に対し，摂動を与えた複数の初期値から複数の予測を行うアンサンブル予測手法が有効である．本研究では，アンサンブル予測手法を用い，気象予測の不確実性の考慮だけでなく，気象予測から風力発電出力への変換の不確実性も勘案し，予測の不確実性を網羅した確率的な風力発電出力及びランプ現象予測手法を開発した．アンサンブル予測は，気象庁の週間アンサンブル予報を，気象予測解析システムNuWFASにてダウンスケーリングし，アンサンブルメンバーの多様性を確保した11メンバーから構成される．風力発電出力への変換は，予測した風速とモニタリングによるエリア出力合計値の対応関係で得られる経験的なパワーカーブを用いる．この対応関係では，予測風速に対する出力結果の頻度分布をベータ分布で仮定し，累積頻度毎にパワーカーブを作成できる．アンサンブルメンバーと累積頻度をランダムに選び，合計100メンバーから構成される拡張したアンサンブル風力発電出力予測結果が得られる．東北エリアを対象とした検証をランプ現象の要因に分けて評価すると，低気圧や冬型を起因とする場合で捕捉率が高く，アンサンブル予測の利用による精度向上の効果が得られた．

キーワード：風力、ランプ現象、予測
Keywords: Wind power, ramp events, prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

襟裳岬周辺の洋上風況
Offshore wind resource in the vicinity of Cape Erimo

*島田 照久[1]
*Teruhisa Shimada[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

洋上風力エネルギーは、豊富な賦存量と大規模開発が可能という点で、今後は再生可能エネルギーの中心的な存在になることが期待されている。北日本では、洋上風力エネルギー利用の検討と促進のため、詳細な風況観測、ゾーニング事業、洋上風車の設置検討が進んでいるところも多い。こうした取り組みを進める上で、風況マップのさらなる理解が求められている。

最新の洋上風況マップNeoWins（http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html）などによると、襟裳岬の周辺海域は、日本沿岸で最大の洋上風力エネルギー賦存量・導入ポテンシャルを持つことが示されている。日本沿岸において、海岸線から20 km程度離れた海域で、100 m高度の年平均風速が10 m/sを超えるのは、襟裳岬と石廊崎の周辺の海域だけである。

しかしながら、襟裳岬の周辺海域発生する強風については、ほとんど着目されることがなかった。つまり、日本沿岸で最大の風力エネルギーが、襟裳岬の周辺海域で生み出されるメカニズムについては、研究例がないのが実情である。一部の過去の研究は、衛星観測によって局地的強風が襟裳岬の付近の海上で発生している実例を示した（Shimada and Kawamura, 2004, 2007）が、風況マップの理解や風況に関する統計値への影響の把握には至っていない。本研究では、襟裳岬で発生する局地的強風の理解を目指し、洋上風況のさらなる理解につなげることを目指す。

キーワード：洋上風況、衛星観測、気象モデル
Keywords: offshore wind resource assessment, satellite observation, meteorological simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法
An Efficient Method for Estimating the Surface Solar Irradiance Based on Satellite-Observed Scattered Solar Radiation

*西澤 慶一[1]
*Keiichi Nishizawa[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

近年、太陽光発電の普及が進んでおり、電力系統に及ぼす影響を把握するため、発電出力を正確に知る必要がある。地域で積分された発電出力を見積もるには、気象衛星から観測された散乱日射強度に基づいて、地上日射量を推定する方法が有効である。

本研究で開発した地上日射量の推定スキームでは、初めに、観測された地表面ー大気系の双方向反射率に対応する、層状雲の光学的厚さを見積もる。雲がある地球の双方向反射率を計算するため、東京大学が開発した放射伝達モデル（Rstar6b）を、16ストリームの分解能で用いた。この計算結果を、雲の光学的厚さ、氷雲の光学的厚さの比率、衛星天頂角の余弦、太陽天頂角の余弦、衛星と入射太陽放射の方位角の差、および地表面アルベドに関する6次元配列に予め保存しておき、雲の光学的厚さを効率的に推定できるようにした。雲の光学的厚さが得られたら、デルタ2ストリーム近似の太陽放射伝達モデルを用いて、地上日射量の直達・散乱成分を計算する。

この推定スキームを実際の衛星観測データに適用した場合を想定し、地表面アルベドなどに不確実性がある場合の地上日射量の推定誤差を見積もった。その結果、地表面アルベドを±0.05以内の誤差で与えれば、地上日射量の誤差が概ね±80 W m^{-2}以内に収まることが分かった。

キーワード：衛星観測、散乱日射、地上日射量
Keywords: satellite observation, scattered solar radiation, surface solar irradiance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法
Advance detection method of large forecast error on surface solar radiation considering atmospheric circulation patterns

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3]
*Fumichika Uno[1,3], Mio Matsueda[2], Takashi oozeki[1], Hideaki Ohtake[1,3], Yoshinori Yamada[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 筑波大学、3. 気象研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. University of Tsukuba, 3. Meteorological Research Institute

Prediction of surface solar radiation (SSR) using numerical weather prediction (NWP) models usually use at several hours to several days forecast. Large forecast errors (forecast busts) for SSR and therefore photovoltaic power generation may lead to either a shortage of power supply or production of excessive surplus power.

Previous study proposed the detection method of forecast busts using lognormal ensemble spread (standard deviation of ensemble forecast). This study also evaluates lognormal ensemble spread as the four NWP centers (Japan Meteorological Agency: JMA, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF, National Centers for Environmental Prediction: NCEP, United Kingdom Met Office: UKMO) and a multi-center grand ensemble (MCGE). However, this study assessed the detectability each atmospheric circulation patterns. The detectability was assessed using ROC diagram. The study period is January 2014 to May 2017 in five winter months (January, February, May, November, December), and forecast lead time is from 24 to 144 hour every 24hours. The forecast busts were defined as the top 5, 10, 15, 20, 25, 30% absolute forecast error. The atmospheric circulation patterns are categorized Winter monsoon (WM), Winter Pacific (WP), High Pressure (HP), Low Pressure (LP), Southerly Flow (SF) using 500hPa height.

As the results, the proposed method in this study indicate higher detectability of forecast bust than the non-categorized detection (previous study) method. For instance, the WP and SF patterns are higher than the non-categorized detection method. Particularly, the hit rate on proposed method was improved more large forecast error event (top 5% forecast busts events), false alarm rate was improved almost all forecast lead time and fix forecast busts cases.

キーワード：太陽光発電予測、アンサンブル予測、予測の大外し
Keywords: Prediction of surface solar radiation, Ensemble forecast, Forecast busts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

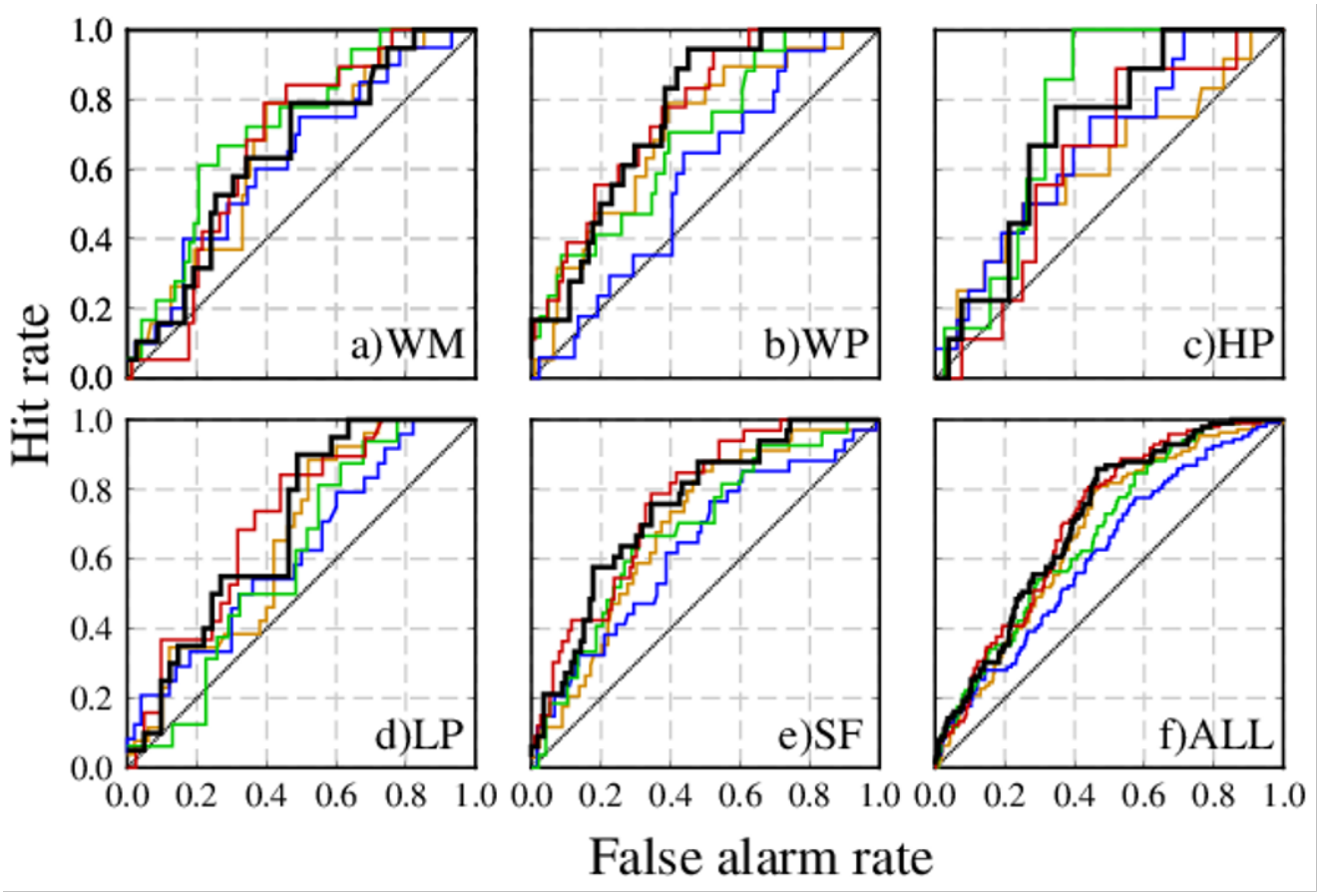


Fig. ROC diagram each circulation patterns (a-e) and non-categorized (f) curve at 24 hours forecast lead time. The forecast busts was defined as the top 20%. The black thick line indicate MCGE, color thin lines indicate JMA (red), ECMWF(Yellow), NCEP (green), UKMO(blue).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-RE 応用地質学・資源エネルギー利用

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_22

[H-RE17] 再生可能エネルギー分野への活用に向けた地球科学データの可能性

コンビーナ:大竹 秀明(国立研究開発法人　産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター)、宇野 史睦(産業技術総合研究所)、島田 照久(弘前大学大学院理工学研究科)、野原 大輔(電力中央研究所)

2018年7月にエネルギー基本計画が閣議決定され、2050年に向けた脱炭素化への挑戦として、再生可能エネルギーは主力電源化と位置付けられた。国内外において、再生可能エネルギーの導入量が飛躍的に増加し、電力システムに対する存在感も大きくなりつつある。しかし、自然変動性や資源の偏在性により、再生可能エネルギーは安定した主力電源としては課題も多い。再生可能エネルギーを有効に利用するためには、資源量・変動要因・予測可能性等を理解した上で、他の電源や蓄エネルギー（揚水発電や蓄電池・EVなど）と組み合わせることでエネルギーシステムの柔軟性も期待できる。そのためにも, 地球科学分野が持つ多様で膨大な観測データやモデリング技術をエネルギー分野が活用しやすい形で分析、利用する必要がある。
本セッションでは、太陽光発電、風力発電、地熱発電、海流・潮流発電、波力発電、バイオマス発電といった再生可能エネルギー分野全般の講演を募集し、地球科学データの活用状況、課題、将来の可能性、各分野間の連携について、広く意見交換を行うことを目的としている。

[HRE17-P01] 岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2] (1.弘前大学地域戦略研究所、2.株式会社地球科学研究所)

[HRE17-P02] モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴
－地下水の熱利用を見据えた検討－

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1] (1.一般財団法人地域地盤環境研究所)

[HRE17-P03] 力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P04] 襟裳岬周辺の洋上風況

*島田 照久[1] (1.弘前大学大学院理工学研究科)

[HRE17-P05] 衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法

*西澤 慶一[1] (1.電力中央研究所)

[HRE17-P06] 大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3] (1.産業技術総合研究所、2.筑波大学、3.気象研究所)

岩木山における冷却熱源利用としての湧水，地下水，沢水の水質特性評価
Evaluation of spring, groundwater and stream water quality for use as a cooling heat source at Iwaki volcano

*井岡 聖一郎[1]、浅井 和由[2]、浅井 和見[2]
*Seiichiro Ioka[1], Kazuyoshi Asai[2], Kazumi Asai[2]

1. 弘前大学地域戦略研究所、2. 株式会社地球科学研究所
1. Institute of Regional Innovation, Hirosaki University, 2. Geo Science Laboratory

岩木山では，これまで地熱発電開発に必要な冷却熱源に関する調査研究は実施されていない。したがって，本研究では地熱発電，主に地熱バイナリー発電を実施する際に必要な冷却熱源として湧水，地下水，沢水の利用可能性について，沈殿物の生成の観点から水質特性から評価することを目的とした。

対象とした試料は，岩木山域に存在する湧水10地点，地下水2地点，沢水18地点である。計測項目は，pH，電気伝導率，水温，流量である。分析項目は，Li^{+}, Na^{+}, NH_4^{+}, K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, F^{-}, Cl^{-}, Br^{-}, NO_3^{-}, SO_4^{2-}, Fe, Mn, Sr, Ba, Cu, B, Si，アルカリ度，溶存有機炭素，$\delta^{18}O$，δDである。沈殿物の生成評価はPHREEQC Interactive Version.3.4.0.12927を用いて実施した。

沈殿物の生成は，採水時の平均温度10℃と加温15℃で評価した。その結果，カルサイトや非晶質シリカは，すべての湧水，地下水，沢水で10℃，15℃ともに飽和指数が未飽和であり，沈殿物の生成が起きにくいことが評価された。一方，鉄の沈殿物は，Fe濃度が0.005mg/L以上認められた沢水において飽和指数が過飽和を示したが，0.1mg/L以上の地点が2地点のみで利用時，その地点を利用しなければ影響は少ないと考えられる。以上，沈殿物生成の観点から本地域の湧水，地下水，沢水は，冷却熱源利用としての有効活用が可能である。

キーワード：岩木山、水質、冷却熱源利用
Keywords: Iwaki Volcano, water quality, cooling heat source use

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

モニタリング調査結果からみた西大阪地域における被圧地下水の特徴 ー地下水の熱利用を見据えた検討ー

Characteristics of the confined groundwater based on the monitoring results in the western part of Osaka area: For thermal utilization of groundwater

*伊藤 浩子[1]、北田 奈緒子[1]、越後 智雄[1]、藤原 照幸[1]
*Hiroko Ito[1], Naoko Kitada[1], Tomoo Echigo[1], Teruyuki Fujiwara[1]

1. 一般財団法人地域地盤環境研究所
1. Geo-Research Institute

再生可能エネルギーの普及拡大が全国的に推進される中，大阪地域においても，地下水の熱利用に関する検討が進められている。大阪市内では，帯水層蓄熱型（Aquifer Thermal Energy Storage; ATES）のオープンループシステムによる地下水の熱利用の実証試験が行われ，揚水規制の緩和を前提とした地下水利用が積極的に推進されるなど具体的なプロジェクトが進行している（大阪市，2018）。このような背景を受け，我々は，西大阪地域を対象としてATESシステムによる地下水の熱利用を見据えた被圧地下水の調査研究を行った。

西大阪平野には海成粘土層が水平に厚く堆積し，その間の砂礫層の連続性も良好である（KG-NET・関西圏地盤研究会，2007）。完新統の粘土層（Ma13層）の下位に分布する砂礫層は「第１被圧帯水層（Dg1）」，最上位更新統の粘土層（Ma12）の下位に分布する砂礫層は「第２被圧帯水層（Dg2）」を形成し， Dg2の下位には「第３被圧帯水層（Dg3）」が分布する。ATESシステム利用の際には，地盤沈下のリスクを避けるためDg2またはDg3に賦存する地下水を利用する必要がある（大阪市，2018）。しかし，周辺地盤への影響評価を行う上では，Dg1の地下水の性状も明らかにしておく必要がある。そこで本研究では，ATESシステム導入前における地下水の性状（初期値）を詳細に把握するとともに，ATESシステム導入時の課題や留意点について検討するため，上記の３層の帯水層に賦存する地下水の水位・水温・水質のモニタリング調査を実施した。

地下水の水質分析の結果，全ての試料でNa^{+}-Cl^{-}型の主成分組成を示した。調査地域の北部（梅田～福島）よりも南部（中之島より南側）において溶存成分濃度が高く，Dg1の地下水は最大で海水の25%程度の塩分濃度を示した。水の酸素・水素安定同位体比の分析結果から，特にDg1の地下水には海水が混入している可能性がある。また，Dg1，Dg2，Dg3ともに還元的な地下水質を示し，例えば，鉄は約80%が溶存態として存在することが明らかとなった。硝酸性窒素や硫酸イオンがほとんど検出されないことも，本研究で分析した地下水が還元的な水質組成であることを支持する。そのためATESシステムを長期的に運用する際には，水酸化鉄の沈殿によるストレーナの目詰まりを防止するため，還元的な環境が保持されるシステムを構築する必要がある。また，各帯水層の地下水の水質特性が有意に異なることから，熱利用のために揚水した地下水は，確実に元の帯水層へ還水すべきである。

地下水位はいずれの帯水層でも調査地点ごとの大きな差は認められず，調査地域全体として停滞した地下水環境であることが示唆された。Dg1の地下水位は概ねT.P.-1.5～-1.0m程度で，緩やかに季節変動している。最も西側の調査地点で定常的に水位がわずかに高いことから，西から海水が緩やかに流入している可能性がある。このような特徴は，上述の水質分析の結果とも整合的である。Dg2の地下水位はT.P.-1.0m程度でほぼ一定で，調査地点ごとの明瞭な違いもみられないため，地下水がほとんど流動していない状況が示唆される。また，2017年に数回，周辺工事の影響と推測される短期間で急激な地下水位低下が全地点のDg2で確認され

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た。しかし，Dg1およびDg3の地下水位にはこのような変化は見られなかったため，少なくとも本調査地域内では，Dg1，Dg2，Dg3がそれぞれ粘土層によって遮水された独立した帯水層であると考えることができる。

地下水の水温は，ATESシステムの設計や熱効率，揚水（還水）が周辺環境に与える影響などを評価するための基礎データとして重要である。本調査では，鉛直方向への連続水温測定（1m間隔）を年4回実施した。表層から深度30m付近までは季節変動と地点ごとの差異が認められたが，深度30mより深部では季節を通じて18℃程度とほぼ一定で，地点ごとの差もほとんどなく安定した値を示した。ただし，上町台地に近い調査地点では，同じ深度でも西側の他地点より定常的に2℃程度高かった。そのため，大阪市内でも地下水の熱利用効率が地区ごとに異なる可能性があるが，現時点ではまだ地点数が少なく詳しく言及できないため今後の検討課題である。

最後に，本研究は，NEDO「再生可能エネルギー熱利用技術開発／再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発/都市域における，オープンループシステムによる地下水の大規模熱源利用のための技術開発」（研究代表者：北田奈緒子）により実施したものである。

キーワード：西大阪地域、ATESシステム、被圧地下水
Keywords: western part of Osaka area, Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) system, confined groundwater

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

力学的及び統計的アンサンブル予測を用いた風力発電ランプ現象の予測可能性

Predictability of Wind Power Ramp Events based on Dynamical and Statistical Ensemble Prediction

*野原 大輔[1]、渡邊 武志[1]、大庭 雅道[1]、門倉 真二[1]
*Daisuke Nohara[1], Takeshi Watanabe[1], Masamichi Ohba[1], Shinji Kadokura[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

風速の急変化よって生じる風力発電出力量の急変化現象（ランプ現象）は，電力系統の安定運用に大きく影響を与えている．日本では，ランプ現象は主に温帯低気圧の発達やその進路等の総観規模擾乱の影響を受けているため，ランプ現象の予測精度向上のためには，総観規模の気圧配置の適切な予測が必要となっている．一方，大気力学に内在するカオス性により，予測を大きく外すこともあり，このようなカオス性に対し，摂動を与えた複数の初期値から複数の予測を行うアンサンブル予測手法が有効である．本研究では，アンサンブル予測手法を用い，気象予測の不確実性の考慮だけでなく，気象予測から風力発電出力への変換の不確実性も勘案し，予測の不確実性を網羅した確率的な風力発電出力及びランプ現象予測手法を開発した．アンサンブル予測は，気象庁の週間アンサンブル予報を，気象予測解析システムNuWFASにてダウンスケーリングし，アンサンブルメンバーの多様性を確保した11メンバーから構成される．風力発電出力への変換は，予測した風速とモニタリングによるエリア出力合計値の対応関係で得られる経験的なパワーカーブを用いる．この対応関係では，予測風速に対する出力結果の頻度分布をベータ分布で仮定し，累積頻度毎にパワーカーブを作成できる．アンサンブルメンバーと累積頻度をランダムに選び，合計100メンバーから構成される拡張したアンサンブル風力発電出力予測結果が得られる．東北エリアを対象とした検証をランプ現象の要因に分けて評価すると，低気圧や冬型を起因とする場合で捕捉率が高く，アンサンブル予測の利用による精度向上の効果が得られた．

キーワード：風力、ランプ現象、予測
Keywords: Wind power, ramp events, prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

襟裳岬周辺の洋上風況
Offshore wind resource in the vicinity of Cape Erimo

*島田 照久[1]
*Teruhisa Shimada[1]

1. 弘前大学大学院理工学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Hirosaki University

洋上風力エネルギーは、豊富な賦存量と大規模開発が可能という点で、今後は再生可能エネルギーの中心的な存在になることが期待されている。北日本では、洋上風力エネルギー利用の検討と促進のため、詳細な風況観測、ゾーニング事業、洋上風車の設置検討が進んでいるところも多い。こうした取り組みを進める上で、風況マップのさらなる理解が求められている。

最新の洋上風況マップNeoWins（http://app10.infoc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/top.html）などによると、襟裳岬の周辺海域は、日本沿岸で最大の洋上風力エネルギー賦存量・導入ポテンシャルを持つことが示されている。日本沿岸において、海岸線から20 km程度離れた海域で、100 m高度の年平均風速が10 m/sを超えるのは、襟裳岬と石廊崎の周辺の海域だけである。

しかしながら、襟裳岬の周辺海域発生する強風については、ほとんど着目されることがなかった。つまり、日本沿岸で最大の風力エネルギーが、襟裳岬の周辺海域で生み出されるメカニズムについては、研究例がないのが実情である。一部の過去の研究は、衛星観測によって局地的強風が襟裳岬の付近の海上で発生している実例を示した（Shimada and Kawamura, 2004, 2007）が、風況マップの理解や風況に関する統計値への影響の把握には至っていない。本研究では、襟裳岬で発生する局地的強風の理解を目指し、洋上風況のさらなる理解につなげることを目指す。

キーワード：洋上風況、衛星観測、気象モデル
Keywords: offshore wind resource assessment, satellite observation, meteorological simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

衛星観測された散乱日射強度に基づく地上日射量の効率的な推定法
An Efficient Method for Estimating the Surface Solar Irradiance Based on Satellite-Observed Scattered Solar Radiation

*西澤 慶一[1]
*Keiichi Nishizawa[1]

1. 電力中央研究所
1. Central Research Institute of Electric Power Industry

近年、太陽光発電の普及が進んでおり、電力系統に及ぼす影響を把握するため、発電出力を正確に知る必要がある。地域で積分された発電出力を見積もるには、気象衛星から観測された散乱日射強度に基づいて、地上日射量を推定する方法が有効である。

本研究で開発した地上日射量の推定スキームでは、初めに、観測された地表面ー大気系の双方向反射率に対応する、層状雲の光学的厚さを見積もる。雲がある地球の双方向反射率を計算するため、東京大学が開発した放射伝達モデル（Rstar6b）を、16ストリームの分解能で用いた。この計算結果を、雲の光学的厚さ、氷雲の光学的厚さの比率、衛星天頂角の余弦、太陽天頂角の余弦、衛星と入射太陽放射の方位角の差、および地表面アルベドに関する6次元配列に予め保存しておき、雲の光学的厚さを効率的に推定できるようにした。雲の光学的厚さが得られたら、デルタ2ストリーム近似の太陽放射伝達モデルを用いて、地上日射量の直達・散乱成分を計算する。

この推定スキームを実際の衛星観測データに適用した場合を想定し、地表面アルベドなどに不確実性がある場合の地上日射量の推定誤差を見積もった。その結果、地表面アルベドを±0.05以内の誤差で与えれば、地上日射量の誤差が概ね±80 W m^{-2}以内に収まることが分かった。

キーワード：衛星観測、散乱日射、地上日射量
Keywords: satellite observation, scattered solar radiation, surface solar irradiance

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大気循環場を考慮した日射量予測の大外し事前検出手法
Advance detection method of large forecast error on surface solar radiation considering atmospheric circulation patterns

*宇野 史睦[1,3]、松枝 未遠[2]、大関 崇[1]、大竹 秀明[1,3]、山田 芳則[3]
*Fumichika Uno[1,3], Mio Matsueda[2], Takashi oozeki[1], Hideaki Ohtake[1,3], Yoshinori Yamada[3]

1. 産業技術総合研究所、2. 筑波大学、3. 気象研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. University of Tsukuba, 3. Meteorological Research Institute

Prediction of surface solar radiation (SSR) using numerical weather prediction (NWP) models usually use at several hours to several days forecast. Large forecast errors (forecast busts) for SSR and therefore photovoltaic power generation may lead to either a shortage of power supply or production of excessive surplus power.

Previous study proposed the detection method of forecast busts using lognormal ensemble spread (standard deviation of ensemble forecast). This study also evaluates lognormal ensemble spread as the four NWP centers (Japan Meteorological Agency: JMA, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: ECMWF, National Centers for Environmental Prediction: NCEP, United Kingdom Met Office: UKMO) and a multi-center grand ensemble (MCGE). However, this study assessed the detectability each atmospheric circulation patterns. The detectability was assessed using ROC diagram. The study period is January 2014 to May 2017 in five winter months (January, February, May, November, December), and forecast lead time is from 24 to 144 hour every 24hours. The forecast busts were defined as the top 5, 10, 15, 20, 25, 30% absolute forecast error. The atmospheric circulation patterns are categorized Winter monsoon (WM), Winter Pacific (WP), High Pressure (HP), Low Pressure (LP), Southerly Flow (SF) using 500hPa height.

As the results, the proposed method in this study indicate higher detectability of forecast bust than the non-categorized detection (previous study) method. For instance, the WP and SF patterns are higher than the non-categorized detection method. Particularly, the hit rate on proposed method was improved more large forecast error event (top 5% forecast busts events), false alarm rate was improved almost all forecast lead time and fix forecast busts cases.

キーワード：太陽光発電予測、アンサンブル予測、予測の大外し
Keywords: Prediction of surface solar radiation, Ensemble forecast, Forecast busts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

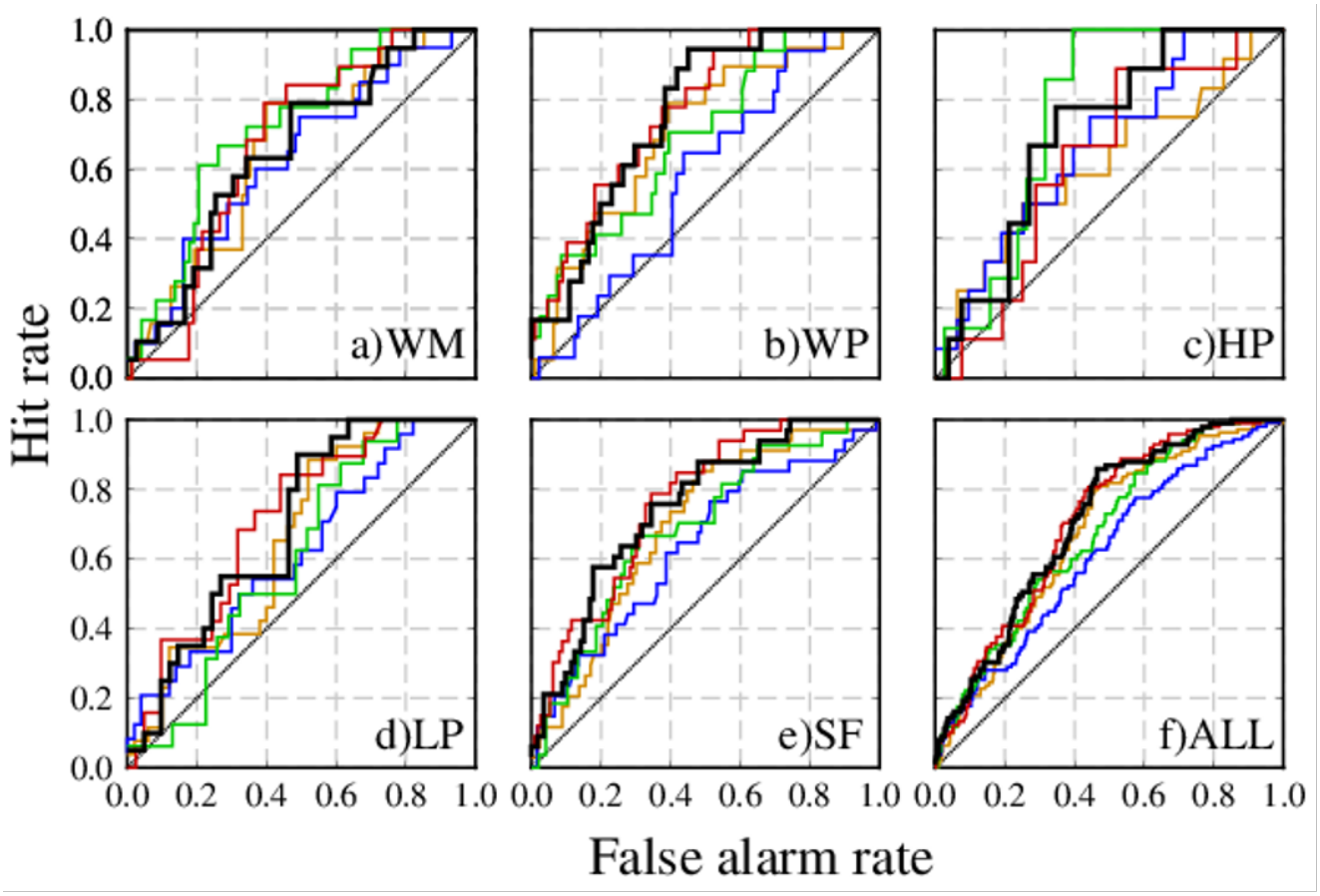


Fig. ROC diagram each circulation patterns (a-e) and non-categorized (f) curve at 24 hours forecast lead time. The forecast busts was defined as the top 20%. The black thick line indicate MCGE, color thin lines indicate JMA (red), ECMWF(Yellow), NCEP (green), UKMO(blue).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_14

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

The shallow structure imaging of integrated geophysical surveying of GPR and ERT at Oyunuma in the Goshougake geothermal area, northeast of Japan

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1]
*Inoue Yusuke[1], Tomoki Tsutsui[1], Shinya Sakanaka[1]

1. 秋田大学国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences in Akita University

後生掛地熱地域は秋田焼山，八幡平火山群といった活動的火山に囲まれる地域で，温泉湧出，高温湯沼，泥火山群などの活発な地熱現象が観察できる遊歩道が整備されている．この遊歩道で2016年秋に新たな泥火山噴出により一部の歩道が破損し，通行止めの区間を生じた．この事例を受けて，観光客の安全を守るためには遊歩道直下の詳細な地下構造の解明が必要であり，地球物理学的手法による地下構造探査は有効な手段として期待される．

後生掛地熱地域周辺で行われた地球物理学的地下構造探査の先行研究例では，与良・伊藤 (1974)によって行われた北八幡平地域の重力探査，磁気探査，電気探査，地震探査や，内田・光畑 (1995)によって行われた空中電磁探査，MT探査，電気探査がある．しかし，これらの先行研究では広域的な探査であり，遊歩道直下の浅部地下構造イメージングを目的とした研究は行われていない．そこで本研究では，遊歩道直下の深さ10 m程度までの電磁気学的な構造を解明するために地中レーダー探査と電気探査の統合物理探査を行った．

地中レーダー探査では全長172 mの測線を展開した．装置はGSSI社製SIR-3000を使用し，100 MHz, 270 MHz, 400 MHz, 900 MHzの4種類のアンテナを使用した．測定には送受信アンテナ間隔を一定にするプロファイル測定によって観測を行った．電気探査では電極間隔は4 m, 使用電極は48 本として全長188 mの測線を展開した．装置はIRIS社製SYSCAL Proを使用した．電極配列はダイポール・ダイポール法を用いた．

地中レーダー探査のデータ解析は，時間ゼロ補正，バックグラウンド除去処理，帯域通過フィルター処理(BPF処理)，自己相関，予測デコンボリューション，速度解析，深度変換を行った．4種類のアンテナによる反射記録に対してBPF処理を行い得られた時間断面から，往復走時75～100 nsの間に明瞭な反射面群が現われた．ここで明瞭な反射面群が現われた領域をブロック1～ブロック4に分類した．この反射面群は特に270 MHzアンテナによる波形記録で明瞭であったため，270 MHzの結果で分類した各ブロック別に詳細な解析を行った．

地中レーダー探査で得られる反射記録は時間スケールであり，深さスケールで議論するためには地下媒質の正確な電磁波速度を求める必要がある．そこで本研究では地中レーダー探査プロファイル測定で適用可能な速度解析プログラムをVisual Studio 2015 C#を用いて開発し，BPF処理断面で分類したブロック別に正確な地下媒質の電磁波平均速度を求めた．本プログラムはセンブランス値を求めて最適な平均速度を評価する速度スペクトル法を適用した．センブランス値とはある時間窓に含まれる波形のトータルの入力エネルギーと同じ時間窓の中でスタックした波のエネルギーの比を表したものである(本多,2014)．速度解析の結果から求められた電磁波平均速度は0.093～0.147 m/nsとなった．電磁波平均速度を求める上で，多重反射波が現われる複雑な構造に対してはBPF処理後に予測デコンボリューション処理を実施した反射記録で速度解析行うと最適な速度が求まりやすいことが明らかとなった．この予測デコンボリューション処理のパラメーターを決定するために必要な自己相関関数の計算も自作プログラムを使用した．速度解析によって求められた電磁波平均速度を用いて深度変換を行ったところ，明瞭な反射面群は遊歩道の路面から深さ4～5 mに集中することが明らかとなった．

電気探査の解析には有限差分法による二次元比抵抗インバージョンを行った．電気探査の解析で得た比抵抗断面において比抵抗値が著しく低い領域は地表に硫黄ガスが噴出する噴出孔を伴う露頭の位置と対応している

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ことが明らかとなった．このことから，比抵抗が著しく低い領域は熱水を通す層であると言える．
　電気探査と地中レーダー探査の統合解析からブロック1,2,3,4のいずれのブロックにおいても明瞭な反射面群が現われる領域は高比抵抗から低比抵抗に変化する領域に集中していることが明らかとなった．従ってレーダー波の明瞭な反射面群は熱水を通す低比抵抗帯と熱水を通さない高比抵抗帯の境界領域で現われることが明らかになったと言える．これは後生掛地熱地域大湯沼周辺の浅部地下構造の解明に寄与すると考えられる．

キーワード：地中レーダー、速度スペクトル、比抵抗
Keywords: GPR, Velocity spectrum, Resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

The P and S wave velocity and geological conditions of shallow surrounding tunnel ground by velocity logging on tunnel side wall

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2]
*Kenji OKAZAKI[1], Toshiyuki KURAHASHI[1], Hiroumi NIWA[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2. （株）フジタ
1. Civil Engineering Research Institute for cold region, Public Works Research Institute, 2. FUJITA corporation

トンネルの維持管理では、周辺地山の緩みや劣化の状態を把握することが必要になる場合がある。その状態を推定できるひとつの方法として速度検層がある。速度検層は、ボーリング孔内でP波とS波速度が測定する方法であり、その速度分布をもとに地山の状態を推定できる。通常、Ｓ波速度は、地盤面に水平に置いた厚板へ上載荷重をかけて、板たたきすることで測定される。しかし、トンネル坑内で水平方向の地山を対象にＳ波速度を測定するには、側壁部のコンクリート面を起振する必要があり、その起振に用いる厚板を側壁面に固定する必要がある。陶山ほか2018では、厚板を長さ30cmのスパイクにより地盤に固定した状態で打撃を行い、スパイクで固定しない場合と比べて、明瞭かつ同等な波形が測定されること、また、Ｓ波の振幅が2倍程度に増幅されたことを報告している。

本調査では、矢板工法で建設されたトンネルにおいて、水平方向の地山を対象として、側壁部のＡとＢの2地点でコアドリル（丹羽ほか2017）により、Ａ地点では5.0ｍ、Ｂ地点では3.8ｍを掘削してコアを採取した。また、それぞれの孔内でダウンホール法による速度検層を行い、掘削コアの性状とＰ波・Ｓ波速度との対応を比較した。なお、Ｐ波速度は、ボーリング孔周辺の側壁のコンクリート面を直接金槌で打撃して測定した。Ｓ波速度は、側壁のコンクリート面にそれぞれアンカーを4本打ち込み、厚板とした枕木をネジ式のアンカー棒で密着させるように固定し、両方向から厚板を金槌で打撃して測定した。

コアドリルによる掘削の結果、A地点では、0.87mの覆工コンクリート背面に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診でやや金属音を発する棒状のコアとして採取した。B地点では、0.75mの覆工コンクリート背面に同様に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診で濁音を発する40cm程度までの短柱状のコアとして採取した。

速度検層の結果、A地点でのP波速度は2170m/s、S波速度は1050m/sであった。また、両方向から打撃したS波も反転波形が対称に測定できていることを確認した。B地点でのP波速度は980m/s、S波速度は550m/sであり、A地点より低い傾向を確認した。これは、両地点では、同じ安山岩が分布するが、B地点はA地点よりも劣化や亀裂が多い状況であることが原因と考えられる。なお、B地点のS波の反転波形も対称に測定できていることを確認した。

本調査では、トンネル水平方向の地山を対象としたS波速度を側壁部コンクリートの鉛直面で測定し、良好な波形を得ることができた。本調査のような簡易な方法で、トンネルの浅部地山の速度分布を把握することができ、地山の状態を評価するための情報を得ることができた。

【参考文献】

陶山雄介・阪田 暁・曽我大介・渡辺俊樹・相澤隆生：PS検層の品質改善に向けた現地試験結果、日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会、平成30年度研究発表会講演予稿集、第38号、pp.33-36、2018.6.

丹羽廣海・村山秀幸・岡崎健治：コアドリルを用いたトンネル覆工背面の簡便な調査方法について、土木学会第72回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-311、pp.621-622、2017.9.

キーワード：トンネル、速度検層、地質調査、コアドリル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: tunnel, velocity logging, geological survey, core drill

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析
Rock physical interpretation of the relationship between S-wave velocity and fluid saturation in rocks

*高橋 亨[1]
*Toru Takahashi[1]

1. 公益財団法人深田地質研究所
1. Fukada Geological Institute

岩石中の流体（水）飽和度と弾性波速度の関係については，これまでにも多くの研究があるが，S波速度については，飽和度の増加に伴って増加する場合と減少する場合が報告されており，P波速度よりも複雑な様相を呈している．近年，表面波を利用した地下の探査やモニタリング手法の適用が急速に拡大しており，その伝播を支配する地盤のS波速度の重要性はさらに増大している．そこで，本研究では，岩石中の流体飽和度とS波速度の関係を理解し，モデル化することを目的に，各種岩石の室内試験で得られた弾性波速度，特にS波速度と流体飽和度との関係を解析し，上記のような観測結果を説明可能かどうかについての検討を行った．その結果，S波速度については，岩石の種類や年代等によって両物性の関係が変化すること，ならびに，それらの関係を岩石物理モデルで表現することが可能であることが確かめられた．

キーワード：S波速度、飽和度、岩石物理モデル
Keywords: S-wave velocity, fluid saturation, rock physics model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究
Estimation of Rayleigh wave group velocities in Zushi City using seismic interferometry in the short period range

*上野 潤[1]、小田 義也[1]
*jun ueno[1], Yoshiya - Oda[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

常時微動から短期周期帯域の群速度を推定するために、神奈川県逗子市で観測された微動データに地震波干渉法を適用した。本研究では、観測点58地点から82ペアを作成し、マルチプルフィルタ解析により群速度分散曲線を算出した。微動アレイ探査の結果と比較したところ、両者は概ね一致することがわかった。

キーワード：地震波干渉法、群速度、短期周期
Keywords: seismic interferometry, group velocity, short period range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得
Acquiring distributions of phase velocity for wave frequency to use DAS for surface wave method

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1]
*Kyosuke Onishi[1], Kobayashi Takayuki[1], Takanori Ogahara[1], Tomio INAZAKI[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

近年光ファイバーを用いた分布型音響センシング（distributed acoustic sensing：DAS）技術の開発が進んでいる。石油開発の試験坑井を用いた探査で試験探査の報告が頻繁に行われている。一方，浅部地盤用途では，DASは低価格な光ファイバーをセンサーとして長区間の記録が取得できるため，特にモニタリング用途に将来性が期待されている。堤防探査や浅部地盤調査等で弾性波を用いた物理探査を行う際に，現在主流な方法は表面波探査である。したがって，DAS技術を用いて浅部地盤探査を行う際に，表面波の記録を観測し，解析できることが重要となる。そこで，土研構内に埋設設置した光ファイバーを用いて，表面波の記録を取得した。ジオフォンに比べるとs/nは不良であるが，表面波の伝播が特定できる波形記録が得られた。CMP-CC解析により周波数ごとの位相速度を求めたところ，良好な分散特性イメージを得ることができた。最短波長で約6.5mの波の位相速度を特定することができた。ただし，一部の地点では位相速度の特定を行うことができておらず，原因解明と解析手法の改良を行っている。安定して分散曲線を取得できるようになれば，DASを用いることにより表面波探査が行えるようになり，普及開発へ向けた技術開発の促進が期待される。

キーワード：光ファイバー、表面波探査
Keywords: optical fiber, surface wave method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング
Imaging of deteriorated floor slabs using a test model by ground-penetrating radar

*尾西 恭亮[1]
*Kyosuke Onishi[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

橋梁床版は，土砂化等の発生により，急速に劣化が進行することが知られている。点検サイクル内に抜け落ちにまで発展する事例が発生し，目視点検以外の事前検知手法の開発が望まれている。地中レーダは，地下空洞探査などに広く用いられており，有効な探査手法のひとつと考えられている。しかし，地中レーダで橋梁床版の損傷域を特定するのは困難な場合が多い。この理由のひとつは，探査対象深度が浅いことにある。橋梁床版の損傷は上面から進行することが多い。橋梁床版の上面深度は舗装厚により決定される。舗装厚は5～10cm程度の範囲に入っている場合が多い。深度5～10cmという範囲は，一般的な地中レーダの記録では，空中を伝播する光速度の直接波と，地表を伝播する地盤速度の直達波が同じ走時域に混在するため，イメージングが困難となる場合が多い。そこで，橋梁床版モデルを作成し，種類の異なる地中レーダで探査を行ったので，探査記録を比較した結果を示す。床版モデルは，アスファルト舗装の着脱が容易な設計となっており，損傷域の状態を簡単に変更できる特徴を有する。この結果，損傷域の誘電特性が周囲より十分異なれば，比較的に容易に異常信号を検知できることがわかった。しかし，検知された異常信号を用いても，表面からの深さ，粒径，水分状態などの異常の状態を特定するには困難であるため，床版モデルや数値計算等の解析を進め，信号特性を把握した上で，実際の床版の記録を解釈することが重要となる。

キーワード：地中レーダ、床版
Keywords: ground-penetrating radar, floor slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 H (地球人間圏科学)：H-TT 計測技術・研究手法

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[H-TT22] 浅部物理探査が目指す新しい展開

コンビーナ:尾西 恭亮(国立研究開発法人土木研究所)、青池 邦夫(応用地質株式会社)、井上 敬資(国立研究開発法人　農業・食品産業技術総合研究機構)、横田 俊之(国立研究開発法人　産業技術総合研究所)

浅部物理探査の技術，手法，適用に関する研究発表を募集致します。探査対象は問いませんが，探査深度を地表下5 cmから30 mに限定します。地表下の浅部領域は地球環境において人間社会に最も近い未知の領域と言えます。人間社会への影響が大きいため，非開削で調査可能な多様な手法や技術が求められています。また，検証が容易であり，探査結果に厳しい目が向けられる深度です。探査技術の高精度化と適用や応用への課題を議論したいと思います。
　探査深度の範囲内であれば，探査対象や探査手法は問いません。地下水調査や地盤調査に対して，電気探査，地中レーダ，表面波探査などの手法を適用した研究が多い分野ですが，新しい調査課題や探査・解析手法の研究も歓迎します。浅部領域を理解するための室内試験や数値解析を用いた研究議論も広く歓迎します。

[HTT22-P01] 地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1] (1.秋田大学国際資源学研究科)

[HTT22-P02] トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2] (1.国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2.（株）フジタ)

[HTT22-P03] 岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析

*高橋 亨[1] (1.公益財団法人深田地質研究所)

[HTT22-P04] 地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究

*上野 潤[1]、小田 義也[1] (1.首都大学東京)

[HTT22-P05] DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

[HTT22-P06] 試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング

*尾西 恭亮[1] (1.国立研究開発法人土木研究所)

地中レーダー，電気探査の統合物理探査による後生掛地熱地域大湯沼周辺における浅部地下構造イメージング

The shallow structure imaging of integrated geophysical surveying of GPR and ERT at Oyunuma in the Goshougake geothermal area, northeast of Japan

*井上 雄介[1]、筒井 智樹[1]、坂中 伸也[1]
*Inoue Yusuke[1], Tomoki Tsutsui[1], Shinya Sakanaka[1]

1. 秋田大学国際資源学研究科
1. Graduate School of International Resource Sciences in Akita University

後生掛地熱地域は秋田焼山，八幡平火山群といった活動的火山に囲まれる地域で，温泉湧出，高温湯沼，泥火山群などの活発な地熱現象が観察できる遊歩道が整備されている．この遊歩道で2016年秋に新たな泥火山噴出により一部の歩道が破損し，通行止めの区間を生じた．この事例を受けて，観光客の安全を守るためには遊歩道直下の詳細な地下構造の解明が必要であり，地球物理学的手法による地下構造探査は有効な手段として期待される．

後生掛地熱地域周辺で行われた地球物理学的地下構造探査の先行研究例では，与良・伊藤 (1974)によって行われた北八幡平地域の重力探査，磁気探査，電気探査，地震探査や，内田・光畑 (1995)によって行われた空中電磁探査，MT探査，電気探査がある．しかし，これらの先行研究では広域的な探査であり，遊歩道直下の浅部地下構造イメージングを目的とした研究は行われていない．そこで本研究では，遊歩道直下の深さ10 m程度までの電磁気学的な構造を解明するために地中レーダー探査と電気探査の統合物理探査を行った．

地中レーダー探査では全長172 mの測線を展開した．装置はGSSI社製SIR-3000を使用し，100 MHz, 270 MHz, 400 MHz, 900 MHzの4種類のアンテナを使用した．測定には送受信アンテナ間隔を一定にするプロファイル測定によって観測を行った．電気探査では電極間隔は4 m, 使用電極は48 本として全長188 mの測線を展開した．装置はIRIS社製SYSCAL Proを使用した．電極配列はダイポール・ダイポール法を用いた．

地中レーダー探査のデータ解析は，時間ゼロ補正，バックグラウンド除去処理，帯域通過フィルター処理(BPF処理)，自己相関，予測デコンボリューション，速度解析，深度変換を行った．4種類のアンテナによる反射記録に対してBPF処理を行い得られた時間断面から，往復走時75～100 nsの間に明瞭な反射面群が現われた．ここで明瞭な反射面群が現われた領域をブロック1～ブロック4に分類した．この反射面群は特に270 MHzアンテナによる波形記録で明瞭であったため，270 MHzの結果で分類した各ブロック別に詳細な解析を行った．

地中レーダー探査で得られる反射記録は時間スケールであり，深さスケールで議論するためには地下媒質の正確な電磁波速度を求める必要がある．そこで本研究では地中レーダー探査プロファイル測定で適用可能な速度解析プログラムをVisual Studio 2015 C#を用いて開発し，BPF処理断面で分類したブロック別に正確な地下媒質の電磁波平均速度を求めた．本プログラムはセンブランス値を求めて最適な平均速度を評価する速度スペクトル法を適用した．センブランス値とはある時間窓に含まれる波形のトータルの入力エネルギーと同じ時間窓の中でスタックした波のエネルギーの比を表したものである(本多,2014)．速度解析の結果から求められた電磁波平均速度は0.093～0.147 m/nsとなった．電磁波平均速度を求める上で，多重反射波が現われる複雑な構造に対してはBPF処理後に予測デコンボリューション処理を実施した反射記録で速度解析行うと最適な速度が求まりやすいことが明らかとなった．この予測デコンボリューション処理のパラメーターを決定するために必要な自己相関関数の計算も自作プログラムを使用した．速度解析によって求められた電磁波平均速度を用いて深度変換を行ったところ，明瞭な反射面群は遊歩道の路面から深さ4～5 mに集中することが明らかとなった．

電気探査の解析には有限差分法による二次元比抵抗インバージョンを行った．電気探査の解析で得た比抵抗断面において比抵抗値が著しく低い領域は地表に硫黄ガスが噴出する噴出孔を伴う露頭の位置と対応している

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ことが明らかとなった．このことから，比抵抗が著しく低い領域は熱水を通す層であると言える．
　電気探査と地中レーダー探査の統合解析からブロック1,2,3,4のいずれのブロックにおいても明瞭な反射面群が現われる領域は高比抵抗から低比抵抗に変化する領域に集中していることが明らかとなった．従ってレーダー波の明瞭な反射面群は熱水を通す低比抵抗帯と熱水を通さない高比抵抗帯の境界領域で現われることが明らかになったと言える．これは後生掛地熱地域大湯沼周辺の浅部地下構造の解明に寄与すると考えられる．

キーワード：地中レーダー、速度スペクトル、比抵抗
Keywords: GPR, Velocity spectrum, Resistivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

トンネル側壁面でのダウンホール法による浅部地山のP波S波速度と地質状況について

The P and S wave velocity and geological conditions of shallow surrounding tunnel ground by velocity logging on tunnel side wall

*岡崎 健治[1]、倉橋 稔幸[1]、丹羽 廣海[2]
*Kenji OKAZAKI[1], Toshiyuki KURAHASHI[1], Hiroumi NIWA[2]

1. 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、2. （株）フジタ
1. Civil Engineering Research Institute for cold region, Public Works Research Institute, 2. FUJITA corporation

トンネルの維持管理では、周辺地山の緩みや劣化の状態を把握することが必要になる場合がある。その状態を推定できるひとつの方法として速度検層がある。速度検層は、ボーリング孔内でP波とS波速度が測定する方法であり、その速度分布をもとに地山の状態を推定できる。通常、Ｓ波速度は、地盤面に水平に置いた厚板へ上載荷重をかけて、板たたきすることで測定される。しかし、トンネル坑内で水平方向の地山を対象にＳ波速度を測定するには、側壁部のコンクリート面を起振する必要があり、その起振に用いる厚板を側壁面に固定する必要がある。陶山ほか2018では、厚板を長さ30cmのスパイクにより地盤に固定した状態で打撃を行い、スパイクで固定しない場合と比べて、明瞭かつ同等な波形が測定されること、また、Ｓ波の振幅が2倍程度に増幅されたことを報告している。

本調査では、矢板工法で建設されたトンネルにおいて、水平方向の地山を対象として、側壁部のＡとＢの2地点でコアドリル（丹羽ほか2017）により、Ａ地点では5.0ｍ、Ｂ地点では3.8ｍを掘削してコアを採取した。また、それぞれの孔内でダウンホール法による速度検層を行い、掘削コアの性状とＰ波・Ｓ波速度との対応を比較した。なお、Ｐ波速度は、ボーリング孔周辺の側壁のコンクリート面を直接金槌で打撃して測定した。Ｓ波速度は、側壁のコンクリート面にそれぞれアンカーを4本打ち込み、厚板とした枕木をネジ式のアンカー棒で密着させるように固定し、両方向から厚板を金槌で打撃して測定した。

コアドリルによる掘削の結果、A地点では、0.87mの覆工コンクリート背面に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診でやや金属音を発する棒状のコアとして採取した。B地点では、0.75mの覆工コンクリート背面に同様に安山岩を確認した。安山岩は、ハンマー打診で濁音を発する40cm程度までの短柱状のコアとして採取した。

速度検層の結果、A地点でのP波速度は2170m/s、S波速度は1050m/sであった。また、両方向から打撃したS波も反転波形が対称に測定できていることを確認した。B地点でのP波速度は980m/s、S波速度は550m/sであり、A地点より低い傾向を確認した。これは、両地点では、同じ安山岩が分布するが、B地点はA地点よりも劣化や亀裂が多い状況であることが原因と考えられる。なお、B地点のS波の反転波形も対称に測定できていることを確認した。

本調査では、トンネル水平方向の地山を対象としたS波速度を側壁部コンクリートの鉛直面で測定し、良好な波形を得ることができた。本調査のような簡易な方法で、トンネルの浅部地山の速度分布を把握することができ、地山の状態を評価するための情報を得ることができた。

【参考文献】

陶山雄介・阪田 暁・曽我大介・渡辺俊樹・相澤隆生：PS検層の品質改善に向けた現地試験結果、日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会、平成30年度研究発表会講演予稿集、第38号、pp.33-36、2018.6.

丹羽廣海・村山秀幸・岡崎健治：コアドリルを用いたトンネル覆工背面の簡便な調査方法について、土木学会第72回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-311、pp.621-622、2017.9.

キーワード：トンネル、速度検層、地質調査、コアドリル

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: tunnel, velocity logging, geological survey, core drill

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岩石のS波速度と飽和度の関係についてのモデル解析
Rock physical interpretation of the relationship between S-wave velocity and fluid saturation in rocks

*高橋 亨[1]
*Toru Takahashi[1]

1. 公益財団法人深田地質研究所
1. Fukada Geological Institute

岩石中の流体（水）飽和度と弾性波速度の関係については，これまでにも多くの研究があるが，S波速度については，飽和度の増加に伴って増加する場合と減少する場合が報告されており，P波速度よりも複雑な様相を呈している．近年，表面波を利用した地下の探査やモニタリング手法の適用が急速に拡大しており，その伝播を支配する地盤のS波速度の重要性はさらに増大している．そこで，本研究では，岩石中の流体飽和度とS波速度の関係を理解し，モデル化することを目的に，各種岩石の室内試験で得られた弾性波速度，特にS波速度と流体飽和度との関係を解析し，上記のような観測結果を説明可能かどうかについての検討を行った．その結果，S波速度については，岩石の種類や年代等によって両物性の関係が変化すること，ならびに，それらの関係を岩石物理モデルで表現することが可能であることが確かめられた．

キーワード：S波速度、飽和度、岩石物理モデル
Keywords: S-wave velocity, fluid saturation, rock physics model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波干渉法を用いた短周期帯域の表面波群速度推定に関する研究
Estimation of Rayleigh wave group velocities in Zushi City using seismic interferometry in the short period range

*上野 潤[1]、小田 義也[1]
*jun ueno[1], Yoshiya - Oda[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

常時微動から短期周期帯域の群速度を推定するために、神奈川県逗子市で観測された微動データに地震波干渉法を適用した。本研究では、観測点58地点から82ペアを作成し、マルチプルフィルタ解析により群速度分散曲線を算出した。微動アレイ探査の結果と比較したところ、両者は概ね一致することがわかった。

キーワード：地震波干渉法、群速度、短期周期
Keywords: seismic interferometry, group velocity, short period range

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

DASを用いた表面波探査のための位相速度の周波数特性の取得
Acquiring distributions of phase velocity for wave frequency to use DAS for surface wave method

*尾西 恭亮[1]、小林 貴幸[1]、小河原 敬徳[1]、稲崎 富士[1]
*Kyosuke Onishi[1], Kobayashi Takayuki[1], Takanori Ogahara[1], Tomio INAZAKI[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

近年光ファイバーを用いた分布型音響センシング（distributed acoustic sensing：DAS）技術の開発が進んでいる。石油開発の試験坑井を用いた探査で試験探査の報告が頻繁に行われている。一方，浅部地盤用途では，DASは低価格な光ファイバーをセンサーとして長区間の記録が取得できるため，特にモニタリング用途に将来性が期待されている。堤防探査や浅部地盤調査等で弾性波を用いた物理探査を行う際に，現在主流な方法は表面波探査である。したがって，DAS技術を用いて浅部地盤探査を行う際に，表面波の記録を観測し，解析できることが重要となる。そこで，土研構内に埋設設置した光ファイバーを用いて，表面波の記録を取得した。ジオフォンに比べるとs/nは不良であるが，表面波の伝播が特定できる波形記録が得られた。CMP-CC解析により周波数ごとの位相速度を求めたところ，良好な分散特性イメージを得ることができた。最短波長で約6.5mの波の位相速度を特定することができた。ただし，一部の地点では位相速度の特定を行うことができておらず，原因解明と解析手法の改良を行っている。安定して分散曲線を取得できるようになれば，DASを用いることにより表面波探査が行えるようになり，普及開発へ向けた技術開発の促進が期待される。

キーワード：光ファイバー、表面波探査
Keywords: optical fiber, surface wave method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

試験用橋梁床版を用いた損傷床版の地中レーダによるイメージング
Imaging of deteriorated floor slabs using a test model by ground-penetrating radar

*尾西 恭亮[1]
*Kyosuke Onishi[1]

1. 国立研究開発法人土木研究所
1. Public Works Research Institute

橋梁床版は，土砂化等の発生により，急速に劣化が進行することが知られている。点検サイクル内に抜け落ちにまで発展する事例が発生し，目視点検以外の事前検知手法の開発が望まれている。地中レーダは，地下空洞探査などに広く用いられており，有効な探査手法のひとつと考えられている。しかし，地中レーダで橋梁床版の損傷域を特定するのは困難な場合が多い。この理由のひとつは，探査対象深度が浅いことにある。橋梁床版の損傷は上面から進行することが多い。橋梁床版の上面深度は舗装厚により決定される。舗装厚は5～10cm程度の範囲に入っている場合が多い。深度5～10cmという範囲は，一般的な地中レーダの記録では，空中を伝播する光速度の直接波と，地表を伝播する地盤速度の直達波が同じ走時域に混在するため，イメージングが困難となる場合が多い。そこで，橋梁床版モデルを作成し，種類の異なる地中レーダで探査を行ったので，探査記録を比較した結果を示す。床版モデルは，アスファルト舗装の着脱が容易な設計となっており，損傷域の状態を簡単に変更できる特徴を有する。この結果，損傷域の誘電特性が周囲より十分異なれば，比較的に容易に異常信号を検知できることがわかった。しかし，検知された異常信号を用いても，表面からの深さ，粒径，水分状態などの異常の状態を特定するには困難であるため，床版モデルや数値計算等の解析を進め，信号特性を把握した上で，実際の床版の記録を解釈することが重要となる。

キーワード：地中レーダ、床版
Keywords: ground-penetrating radar, floor slab

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_5

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

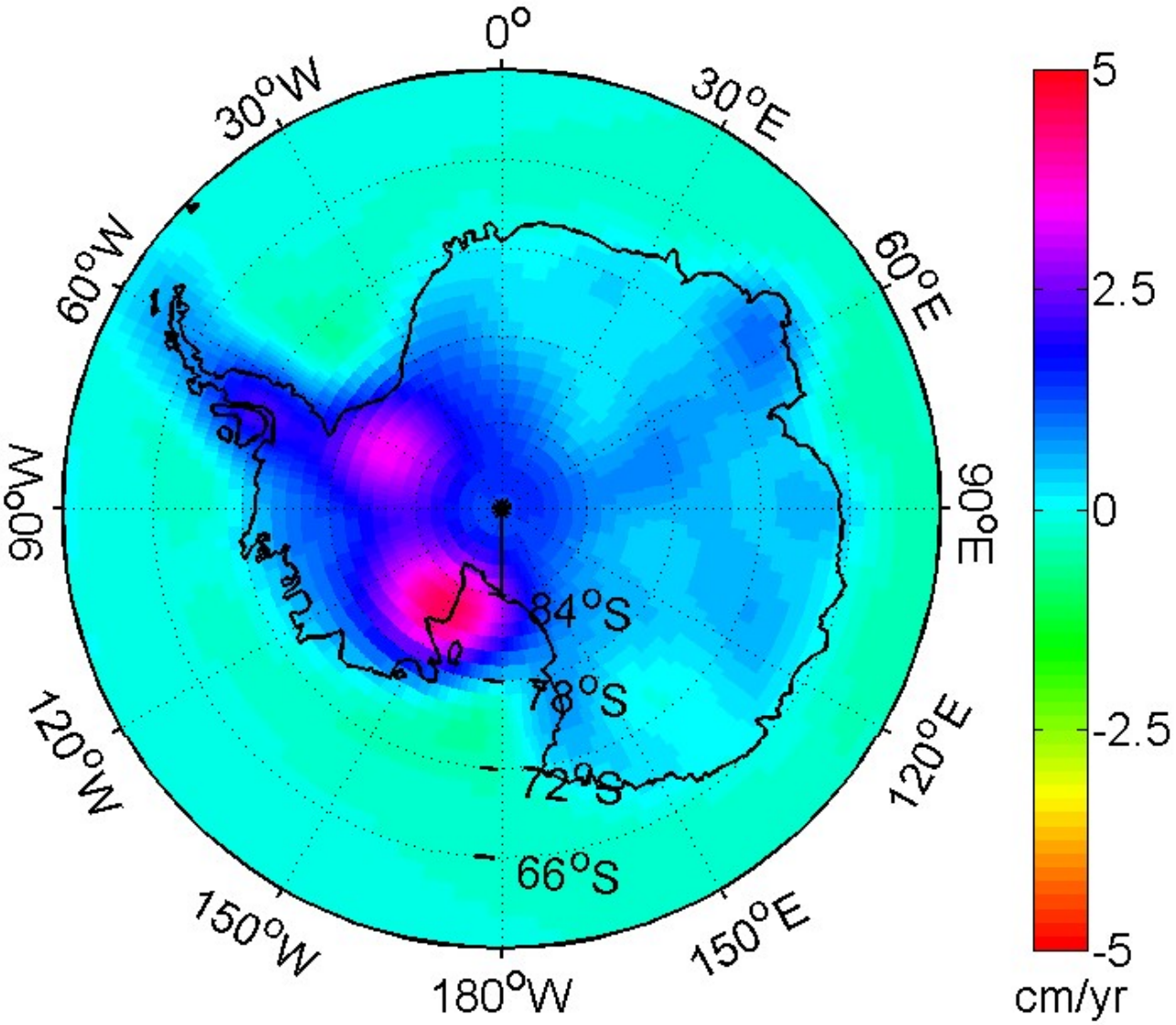
*Yunlong Wu[1], Yi Zhang[1], Zhengbo Zou[1], Minzhang Hu[1]

1. Institute of Seismology, China Earthquake Administration

A cross correlation analysis is carried out on the time-varying gravity field models derived from GRACE observations and provided by CSR, GFZ, JPL and ITSG. This is used to propose an improved weight determination method for producing a combined time-varying gravity field model. Taking the Antarctic region as a test area, the reliability and accuracy of the combined model is verified by comparing the changes of Antarctic ice sheet mass inferred from it and the other gravity field solutions considered. The results show that the minimum difference in mass changes (expressed as equivalent water height) between the combined model and the ITSG inversion is concentrated between -0.2 cm to 0.4 cm. To further verify the new method, China’ s Three Gorges region, the North China Plain region, and the Tianshan region are assessed. The results indicate that the new combined time-varying gravity field model is consistent with those models published by CSR, GFZ and JPL, and conforms best to ITSG. The combined time-varying gravity field model proposed in this paper provides a reference for the application of such models and the optimization of time-varying gravity field for future gravity satellite missions.

Keywords: GRACE, Time-varying gravity field, Combined model, Forward modeling, Equivalent water height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング
Numerical modeling of crustal deformation and gravity change caused by glacier melting in Southeast Alaska

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1]
*Kazuhiro Naganawa[1], Takahito Kazama[1]

1. 京都大学 大学院 理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

温暖化による氷河融解は海面上昇の要因として大きな関心ごとである。これまで高度計や重力計、GNSSなどの測地観測によって、その変動が推定されてきた。このような測地観測では様々な固体地球の応答も重畳して観測されるため、観測値から氷河融解を推定するには、多くの工夫が必要である。その工夫の一つとして、氷河融解に伴う固体地球の変動を数値的にモデリングすることが挙げられる。氷河の融解は地球表層での質量分布の変化と固体地球の変形(GIA : Glacial Isostatic Adjustment)を伴うため、様々な時空間スケールで海水準変動、地殻変動、重力場変動などを引き起こす。これらの変動を測地観測から定量的に把握することは困難であり、数値モデリングの向上が不可欠である。

本研究の対象地域であるアラスカ南東部は現在約16 km^3/yrの氷河が融解しており(Larsen et al., 2007)、氷河融解の更なる加速の可能性も指摘されている(Arendt et al., 2002)。当地域では2000年代以降から稠密なGNSS網が整備され、最大約3 cm/yrの地表隆起が観測されてきた(Larsen et al., 2004)。この観測結果を用いて、Larsen et al. (2005)やSato et al. (2012)などの先行研究では当地域のGIA数値モデルを構築してきた。一方で、当地域では2006年より絶対重力計による観測が繰り返し行われており、-4〜-7 microGal/yrの絶対重力変化が観測されてきた(Sun et al., 2010)。しかしながら、先行研究では重力変化を取り入れた数値モデルは構築されておらず、モデルと観測に乖離が存在するままであった。そのため、当地域の重力場変動は定量的に理解されておらず、衛星重力計に氷河観測において大きな誤差要因となる可能性がある。

そこで本研究は、地殻変動・重力場変動の両面から当地域のGIA数値モデルの精度向上を目指し、以下のような数値モデリングを行う。当地域での地殻変動・重力場変動はtectonicな変形を除くと、現在の氷河融解による地球表層の万有引力変化、現在の氷河融解による固体地球の弾性変形、過去の氷河融解による固体地球の粘弾性変形の3つが考えられる。本研究では、現在のアラスカ南東部氷河融解モデル(Larsen et al., 2007)を用いた弾性体の荷重変形計算と、過去の氷河融解歴モデル(e.g., ICE-6G; Peltier et al., 2015)を用いた粘弾性荷重変形計算によって、アラスカ南東部の絶対重力基準点6点におけるこれら3つの変動を推定する。本発表ではこのようなモデル計算の結果と、2015年までに新たに取得・補正されたGNSS・絶対重力データを比較し、当地域の氷河融解及びGIAについて議論する。

キーワード：氷河融解、氷河性地殻均衡、アラスカ、重力変化、地殻隆起
Keywords: glacier melting, glacial isostatic adjustment, Alaska, gravity change, crustal uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化
Gravity gradient variations considered to have occured 3 months before the Tohoku-Oki earthquake

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1]
*Naoki Hasumi[1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Hokkaido University Graduate School of Science

2002年に打ち上げられた重力計測衛星GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)は、陸水や雪氷の移動に伴う質量再配分を重力変化として捉えることによって様々な成果を挙げてきた。地震に伴う断層運動も質量を再配分するため重力をわずかに変化させる。なかでも、巨大地震と同時に起こる瞬間的な重力の変化（地震時重力変化）と地震後に起こる長期的な重力の変化（地震後重力変化）は、いくつかの事例でGRACEによる面的な観測が報告されており、地震学に貢献してきた（田中 日置、2017）。

地震に先立って起こる重力変化（地震前重力変化）は今まで本格的な研究対象とされてこなかったが、最近Panet et al. (2018)によって、2011年東北地方太平洋沖地震の数カ月前から重力が有意に変化していた可能性が報告された。Panet et al. (2018)は GRACE衛星データを用いた研究であるが、これまでの研究手法とやや異なる点が三つある。一つ目は、重力そのものではなく、より空間分解能の高い重力勾配の変化に注目した点である。二つ目は重力勾配の変化を広い時間スケールで、かつ広い地域に対して解析を行った点である。三つ目は空間波長が800～1600 kmの重力に注目して解析した点である。本研究は、GRACEのLevel 2データ（球関数の係数）を用いてPanet et al. (2018)の内容を追試したものであり、東北地方太平洋沖地震の数か月前から発生していると報告された重力勾配変化を検証する。その結果、報告された時空間変化に近い重力勾配変化が生じたことを確認した。なお本研究の手法はPanet et al. (2018)のそれと多少異なる部分が残っており、結果についても微妙に異なる部分も見られた。本研究ではさらに2004年スマトラ・アンダマン地震や2010年マウレ地震などで同様の現象がみられるかについても議論する。

参考文献

Panet, I., S. Bonvalot , C. Narteau , D. Remy, and J.-M. Lemoine (2018), Migrating pattern of deformation prior to the Tohoku-Oki earthquake revealed by GRACE data, *Nature Geosci., 11,* 367-373, Doi:10.1038/s41561-018-0099-3

田中優作、日置幸介(2017)、GRACE地震学ー衛星重力観測による地震研究のこれまでとこれからー、地震第2輯、69巻, pp.69-85, doi:10.4294/zisin.69.69.

キーワード：GRACE、重力勾配
Keywords: GRACE, gravity gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

Density structure inferred from gravity and airborne gravity gradiometry data in the northwestern part of Kuju volcano, Oita prefecture

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1]
*Jun Nishijima[1], Yasuhiro Fujimitsu[1]

1. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

大分県九重火山北西部に位置する涌蓋山周辺には噴気地域、温泉地域、日本最大の地熱発電所である八丁原地熱発電所など火山に起因する地熱地域が数多く見られる。個々の火山や地熱発電所周辺においてはこれらの地熱徴候や地下での地熱系の発達を理解するための様々な調査が行われているが、周辺の噴気地域や温泉まで含めた広域の詳細な地下構造の理解は進んでいない。近年独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は「地熱資源ポテンシャル調査のための空中物理探査」を平成24年度より空中重力偏差法探査，時間領域空中電磁探査および空中磁気探査を実施してきた（JOGMEC, 2014）。本地域の対象となる九重火山地域では平成24年にくじゅう地域の調査が実施され、その後平成29年には涌蓋山北部および西部に位置する小国地域で調査が実施された。

本研究では，大分県くじゅう地域を対象として行われた空中重力偏差法探査データと地上重力測定データを用いて地下の3次元密度構造を推定し，得られた密度構造と過去に行われた地熱・火山調査結果との比較を行った。本研究で用いた地表重力探査データは、九州大学、日本重力データベース（AIST, 2013）、西南日本重力データベース（Shichi and Yamamoto, 2001）、金沢大学データベース（本多ほか, 2012）から1594点の測定データを使用して重力異常図を作成した。ブーゲー補正や地形補正で用いる補正密度については、CVUR法（Komazawa, 1995）を用いて推定を行い2310kg/m^{3}とした。

空中重力偏差法探査では、CGG Aviation社HeliFALCON^{TM}重力偏差計をヘリコプターに搭載し，測線間隔250m，対地高度150mで地形に沿って飛行して調査を行った。HeliFALCON^{TM}重力偏差計で計測されたデータは，飛行中の機体の加速度変化，タイライン補正，マイクロレベリング補正，地形補正などの各種補正が行われ重力偏差の水平曲率成分（G_{NE}, G_{UV}）が得られる。地形補正で用いる地形データは測線沿いについてはヘリコプターに搭載されたレーザースキャナーとGPSデータから20mメッシュの地形データを作成し，測線間や調査範囲から15kmまでの領域についてはShuttle Rader Topography Mission（SRTM）v2の標高データを用いた。重力偏差データは，地形補正無し，補正密度2300kg/m^3，補正密度2670kg/m^{3}の3種類が提供されているが，本研究では地上測定重力データから推定された補正密度に一番近い2300kg/m^{3}のデータを用いた。得られた密度分布では、猪牟田カルデラ内や涌蓋山北西山麓にはカルデラ構造を充填していると考えられる岩砕なだれ堆積物の低密度域（2100～2200 kg/m^3）が見られた。一方、高密度域（2400～2550 kg/m^3）は更新世中期の涌蓋火山や更新世後期の猟師山、合頭山の南東部および九重火山などの直下に見られた。また、涌蓋山の西側にもカルデラのような陥没構造が検出され、涌蓋山北西山麓に位置する温泉のうち、山川温泉、麻生釣温泉、奴留湯、杖立温泉はこの構造の縁に分布していることが明らかになった。

キーワード：重力異常、重力偏差、九重火山
Keywords: Gravity anomaly, Gravity gradient, Kuju volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について
On the effect of higher-order terms in the gravity sensor of the superconducting gravimeter

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]
*Yuichi Imanishi[1], Kazunari Nawa[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. AIST, 3. NAOJ, 4. University of Tsukuba

国立天文台VERA石垣島観測局（沖縄県石垣市）で稼働している超伝導重力計CT #036の観測データには，いくつかの特徴的な信号が見られる．Imanishi et al. (2018)は，超伝導重力計の重力センサーにおける静的および動的な特性という観点から理論的モデルを展開し，近くのVLBIアンテナの動きによる水平加速度の影響について，上下方向と水平方向のカップリングにより定量的に説明できることを示した．しかし，台風接近時など，大振幅の地動ノイズが入力されたときに重力値が増加して見える現象については，上下方向の非線形性を表す高次項の大きさが不明であったため，同じモデルで説明されるかどうか結論に至らなかった．そこで，高次項の大きさを制約するため，CT #036に人工的な信号を入力して応答を測定した．測定結果を分析した結果について報告し，重力センサーの動的な特性へのインパクトについて考察する．

キーワード：超伝導重力計、石垣島、非線形性
Keywords: superconducting gravimeter, Ishigakijima, nonlinearity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5]
*Akihisa Hattori[1], Yuichi Aoyama[1,2], Koichiro Doi[1,2], Hajime Oishi[3], Jun Nishijima[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 総合研究大学院大学、2. 国立極地研究所、3. NECネッツエスアイ株式会社、4. 九州大学、5. 筑波大学
1. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 2. National Institute of Polar Research, 3. NEC Networks & System Integration Corporation, 4. Kyushu University, 5. University of Tsukuba

Continuous gravity observation has been conducted with a superconducting gravimeter (SG) at the Japanese Antarctic station, Syowa Station (69°0.2646’ S, 39°34.9074’ E) since 1993. The first SG, TT70#016, was replaced by the second SG, CT#043, in 2003, then CT#043 was replaced by the third OSG#058 in 2010, and OSG#058 is in operation. It is considered that the gravity observations with SGs, which have a high sensitivity, are detecting the gravitational signal of local snow accumulation in Syowa Station. It is necessary to correct the accumulated snow effect for monitoring the geophysically important but weak signals, such as one associated with Glacial Isostatic Adjustment (GIA).

The distribution of snow depth in Syowa Station was estimated from digital surface models (DSMs) made from unmanned aerial vehicle (UAV) photographic survey by applying structure from motion (SfM) processing methods to the aerial photographs. In the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-59) activity (2017-2019), we conducted aerial photogrammetry by the fixed-wing drone “senseFly eBee Plus,” which has dual-frequency GNSS receiver, over Syowa Station in January (austral summer season). Besides, we have conducted aerial photogrammetry by the rotary wing drone "DJI Inspire 2" and “DJI Phantom” in the same area, about every one month from May to November (austral winter season). The DSM and the orthomosaic photo were generated from each set of the geotagged photos using the SfM software “Pix4D.”

For improving the accuracy of DSM, we used the geodetic triangulation survey points operated by GSI (Geospatial Information Authority of Japan) as GCP (ground control points) in SfM analysis. We also calibrated the height of DSM by using the ground area uncovered by snow characterized by Brown color as fixed height sites. Thereby, we obtained the time-series of snow depth distributions by calculating height differences among DSMs.

We calculated the attractive changes on OSG#058 estimated from the obtained snow depth distribution. Consequently, it was revealed that the local snow accumulation changes in the Syowa Station caused a seasonal gravity variation of at least 0.1-0.3 μGal (1 μGal = 10^{-8} m/s^2).

In this presentation, we show the details of observed changes in snow distribution, and discuss the comparison between the estimated gravity effect of local snow accumulation and the gravity change observed by OSG#058.

キーワード：超伝導重力計、無人航空機、SfM
Keywords: Superconducting gravimeter, Unmanned aerial vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[S-GD01] 重力・ジオイド

コンビーナ:兒玉 篤郎(国土交通省国土地理院)、岡 大輔(地方独立行政法人北海道立総合研究機構環境・地質研究本部地質研究所)

近年の重力測定精度の向上により重力場のデータは，地球や月などの内部構造探査，地震，火山，地盤沈下，地すべり，津波，氷床変動監視など様々な分野において重要な役割を果たしている．
本セッションでは、重力場の理論，絶対および相対重力の測定，衛星重力データの解析，センサーの開発など,重力およびジオイドに関連する幅広い内容にわたる発表を歓迎する．

[SGD01-P01] An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

*Yunlong Wu[1]、Yi Zhang[1]、Zhengbo Zou[1]、Minzhang Hu[1] (1.Institute of Seismology, China Earthquake Administration)

[SGD01-P02] アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1] (1.京都大学 大学院 理学研究科)

[SGD01-P03] 2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1] (1.北海道大学大学院理学院)

[SGD01-P04] 大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1] (1.九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門)

[SGD01-P05] 超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4] (1.東京大学地震研究所、2.産業技術総合研究所、3.国立天文台、4.筑波大学)

[SGD01-P06] **Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station**

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5] (1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.NECネッツエスアイ株式会社、4.九州大学、5.筑波大学)

An Improved GRACE time-varying gravity field model and its application in China and Antarctica

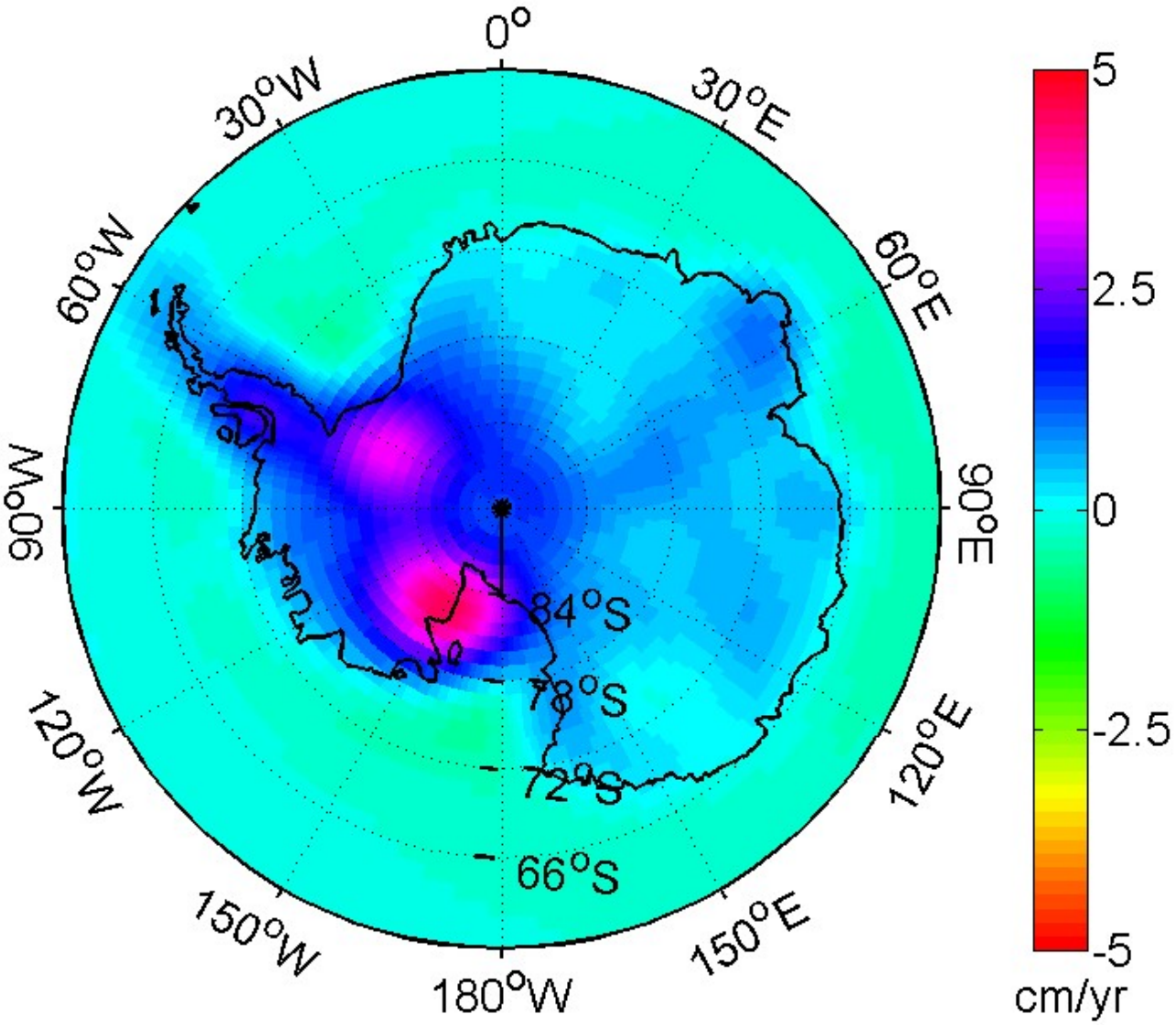
*Yunlong Wu[1], Yi Zhang[1], Zhengbo Zou[1], Minzhang Hu[1]

1. Institute of Seismology, China Earthquake Administration

A cross correlation analysis is carried out on the time-varying gravity field models derived from GRACE observations and provided by CSR, GFZ, JPL and ITSG. This is used to propose an improved weight determination method for producing a combined time-varying gravity field model. Taking the Antarctic region as a test area, the reliability and accuracy of the combined model is verified by comparing the changes of Antarctic ice sheet mass inferred from it and the other gravity field solutions considered. The results show that the minimum difference in mass changes (expressed as equivalent water height) between the combined model and the ITSG inversion is concentrated between -0.2 cm to 0.4 cm. To further verify the new method, China’ s Three Gorges region, the North China Plain region, and the Tianshan region are assessed. The results indicate that the new combined time-varying gravity field model is consistent with those models published by CSR, GFZ and JPL, and conforms best to ITSG. The combined time-varying gravity field model proposed in this paper provides a reference for the application of such models and the optimization of time-varying gravity field for future gravity satellite missions.

Keywords: GRACE, Time-varying gravity field, Combined model, Forward modeling, Equivalent water height

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アラスカ南東部氷河融解に伴う地殻変動及び重力変化の数値的モデリング
Numerical modeling of crustal deformation and gravity change caused by glacier melting in Southeast Alaska

*長縄 和洋[1]、風間 卓仁[1]
*Kazuhiro Naganawa[1], Takahito Kazama[1]

1. 京都大学 大学院 理学研究科
1. Graduate School of Science, Kyoto University

温暖化による氷河融解は海面上昇の要因として大きな関心ごとである。これまで高度計や重力計、GNSSなどの測地観測によって、その変動が推定されてきた。このような測地観測では様々な固体地球の応答も重畳して観測されるため、観測値から氷河融解を推定するには、多くの工夫が必要である。その工夫の一つとして、氷河融解に伴う固体地球の変動を数値的にモデリングすることが挙げられる。氷河の融解は地球表層での質量分布の変化と固体地球の変形(GIA : Glacial Isostatic Adjustment)を伴うため、様々な時空間スケールで海水準変動、地殻変動、重力場変動などを引き起こす。これらの変動を測地観測から定量的に把握することは困難であり、数値モデリングの向上が不可欠である。

本研究の対象地域であるアラスカ南東部は現在約16 km^3/yrの氷河が融解しており(Larsen et al., 2007)、氷河融解の更なる加速の可能性も指摘されている(Arendt et al., 2002)。当地域では2000年代以降から稠密なGNSS網が整備され、最大約3 cm/yrの地表隆起が観測されてきた(Larsen et al., 2004)。この観測結果を用いて、Larsen et al. (2005)やSato et al. (2012)などの先行研究では当地域のGIA数値モデルを構築してきた。一方で、当地域では2006年より絶対重力計による観測が繰り返し行われており、-4〜-7 microGal/yrの絶対重力変化が観測されてきた(Sun et al., 2010)。しかしながら、先行研究では重力変化を取り入れた数値モデルは構築されておらず、モデルと観測に乖離が存在するままであった。そのため、当地域の重力場変動は定量的に理解されておらず、衛星重力計に氷河観測において大きな誤差要因となる可能性がある。

そこで本研究は、地殻変動・重力場変動の両面から当地域のGIA数値モデルの精度向上を目指し、以下のような数値モデリングを行う。当地域での地殻変動・重力場変動はtectonicな変形を除くと、現在の氷河融解による地球表層の万有引力変化、現在の氷河融解による固体地球の弾性変形、過去の氷河融解による固体地球の粘弾性変形の3つが考えられる。本研究では、現在のアラスカ南東部氷河融解モデル(Larsen et al., 2007)を用いた弾性体の荷重変形計算と、過去の氷河融解歴モデル(e.g., ICE-6G; Peltier et al., 2015)を用いた粘弾性荷重変形計算によって、アラスカ南東部の絶対重力基準点6点におけるこれら3つの変動を推定する。本発表ではこのようなモデル計算の結果と、2015年までに新たに取得・補正されたGNSS・絶対重力データを比較し、当地域の氷河融解及びGIAについて議論する。

キーワード：氷河融解、氷河性地殻均衡、アラスカ、重力変化、地殻隆起
Keywords: glacier melting, glacial isostatic adjustment, Alaska, gravity change, crustal uplift

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2011年東北沖地震の三ヶ月前から生じていたとされる重力勾配の変化
Gravity gradient variations considered to have occured 3 months before the Tohoku-Oki earthquake

*蓮實 尚輝[1]、日置 幸介[1]
*Naoki Hasumi[1], Kosuke Heki[1]

1. 北海道大学大学院理学院
1. Hokkaido University Graduate School of Science

2002年に打ち上げられた重力計測衛星GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)は、陸水や雪氷の移動に伴う質量再配分を重力変化として捉えることによって様々な成果を挙げてきた。地震に伴う断層運動も質量を再配分するため重力をわずかに変化させる。なかでも、巨大地震と同時に起こる瞬間的な重力の変化（地震時重力変化）と地震後に起こる長期的な重力の変化（地震後重力変化）は、いくつかの事例でGRACEによる面的な観測が報告されており、地震学に貢献してきた（田中 日置、2017）。

地震に先立って起こる重力変化（地震前重力変化）は今まで本格的な研究対象とされてこなかったが、最近Panet et al. (2018)によって、2011年東北地方太平洋沖地震の数カ月前から重力が有意に変化していた可能性が報告された。Panet et al. (2018)は GRACE衛星データを用いた研究であるが、これまでの研究手法とやや異なる点が三つある。一つ目は、重力そのものではなく、より空間分解能の高い重力勾配の変化に注目した点である。二つ目は重力勾配の変化を広い時間スケールで、かつ広い地域に対して解析を行った点である。三つ目は空間波長が800～1600 kmの重力に注目して解析した点である。本研究は、GRACEのLevel 2データ（球関数の係数）を用いてPanet et al. (2018)の内容を追試したものであり、東北地方太平洋沖地震の数か月前から発生していると報告された重力勾配変化を検証する。その結果、報告された時空間変化に近い重力勾配変化が生じたことを確認した。なお本研究の手法はPanet et al. (2018)のそれと多少異なる部分が残っており、結果についても微妙に異なる部分も見られた。本研究ではさらに2004年スマトラ・アンダマン地震や2010年マウレ地震などで同様の現象がみられるかについても議論する。

参考文献

Panet, I., S. Bonvalot , C. Narteau , D. Remy, and J.-M. Lemoine (2018), Migrating pattern of deformation prior to the Tohoku-Oki earthquake revealed by GRACE data, *Nature Geosci., 11,* 367-373, Doi:10.1038/s41561-018-0099-3

田中優作、日置幸介(2017)、GRACE地震学ー衛星重力観測による地震研究のこれまでとこれからー、地震第2輯、69巻, pp.69-85, doi:10.4294/zisin.69.69.

キーワード：GRACE、重力勾配
Keywords: GRACE, gravity gradient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大分県九重火山北西部における重力・空中重力偏差データから推定される密度構造

Density structure inferred from gravity and airborne gravity gradiometry data in the northwestern part of Kuju volcano, Oita prefecture

*西島 潤[1]、藤光 康宏[1]
*Jun Nishijima[1], Yasuhiro Fujimitsu[1]

1. 九州大学大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門
1. Department of Earth Resources Engineering, Graduate School of Engineering, Kyushu University

大分県九重火山北西部に位置する涌蓋山周辺には噴気地域、温泉地域、日本最大の地熱発電所である八丁原地熱発電所など火山に起因する地熱地域が数多く見られる。個々の火山や地熱発電所周辺においてはこれらの地熱徴候や地下での地熱系の発達を理解するための様々な調査が行われているが、周辺の噴気地域や温泉まで含めた広域の詳細な地下構造の理解は進んでいない。近年独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は「地熱資源ポテンシャル調査のための空中物理探査」を平成24年度より空中重力偏差法探査，時間領域空中電磁探査および空中磁気探査を実施してきた（JOGMEC, 2014）。本地域の対象となる九重火山地域では平成24年にくじゅう地域の調査が実施され、その後平成29年には涌蓋山北部および西部に位置する小国地域で調査が実施された。

本研究では，大分県くじゅう地域を対象として行われた空中重力偏差法探査データと地上重力測定データを用いて地下の3次元密度構造を推定し，得られた密度構造と過去に行われた地熱・火山調査結果との比較を行った。本研究で用いた地表重力探査データは、九州大学、日本重力データベース（AIST, 2013）、西南日本重力データベース（Shichi and Yamamoto, 2001）、金沢大学データベース（本多ほか, 2012）から1594点の測定データを使用して重力異常図を作成した。ブーゲー補正や地形補正で用いる補正密度については、CVUR法（Komazawa, 1995）を用いて推定を行い2310kg/m^{3}とした。

空中重力偏差法探査では、CGG Aviation社HeliFALCON^{TM}重力偏差計をヘリコプターに搭載し，測線間隔250m，対地高度150mで地形に沿って飛行して調査を行った。HeliFALCON^{TM}重力偏差計で計測されたデータは，飛行中の機体の加速度変化，タイライン補正，マイクロレベリング補正，地形補正などの各種補正が行われ重力偏差の水平曲率成分（G_{NE}, G_{UV}）が得られる。地形補正で用いる地形データは測線沿いについてはヘリコプターに搭載されたレーザースキャナーとGPSデータから20mメッシュの地形データを作成し，測線間や調査範囲から15kmまでの領域についてはShuttle Rader Topography Mission（SRTM）v2の標高データを用いた。重力偏差データは，地形補正無し，補正密度2300kg/m^3，補正密度2670kg/m^{3}の3種類が提供されているが，本研究では地上測定重力データから推定された補正密度に一番近い2300kg/m^{3}のデータを用いた。得られた密度分布では、猪牟田カルデラ内や涌蓋山北西山麓にはカルデラ構造を充填していると考えられる岩砕なだれ堆積物の低密度域（2100～2200 kg/m^3）が見られた。一方、高密度域（2400～2550 kg/m^3）は更新世中期の涌蓋火山や更新世後期の猟師山、合頭山の南東部および九重火山などの直下に見られた。また、涌蓋山の西側にもカルデラのような陥没構造が検出され、涌蓋山北西山麓に位置する温泉のうち、山川温泉、麻生釣温泉、奴留湯、杖立温泉はこの構造の縁に分布していることが明らかになった。

キーワード：重力異常、重力偏差、九重火山
Keywords: Gravity anomaly, Gravity gradient, Kuju volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

超伝導重力計の重力センサーにおける高次項の効果について
On the effect of higher-order terms in the gravity sensor of the superconducting gravimeter

*今西 祐一[1]、名和 一成[2]、田村 良明[3]、池田 博[4]
*Yuichi Imanishi[1], Kazunari Nawa[2], Yoshiaki Tamura[3], Hiroshi Ikeda[4]

1. 東京大学地震研究所、2. 産業技術総合研究所、3. 国立天文台、4. 筑波大学
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2. AIST, 3. NAOJ, 4. University of Tsukuba

国立天文台VERA石垣島観測局（沖縄県石垣市）で稼働している超伝導重力計CT #036の観測データには，いくつかの特徴的な信号が見られる．Imanishi et al. (2018)は，超伝導重力計の重力センサーにおける静的および動的な特性という観点から理論的モデルを展開し，近くのVLBIアンテナの動きによる水平加速度の影響について，上下方向と水平方向のカップリングにより定量的に説明できることを示した．しかし，台風接近時など，大振幅の地動ノイズが入力されたときに重力値が増加して見える現象については，上下方向の非線形性を表す高次項の大きさが不明であったため，同じモデルで説明されるかどうか結論に至らなかった．そこで，高次項の大きさを制約するため，CT #036に人工的な信号を入力して応答を測定した．測定結果を分析した結果について報告し，重力センサーの動的な特性へのインパクトについて考察する．

キーワード：超伝導重力計、石垣島、非線形性
Keywords: superconducting gravimeter, Ishigakijima, nonlinearity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Gravity Effect of Local Snow Accumulation obtained from Superconducting Gravimeter and UAV survey at Syowa Station

*服部 晃久[1]、青山 雄一[1,2]、土井 浩一郎[1,2]、大石 孟[3]、西島 潤[4]、池田 博[5]
*Akihisa Hattori[1], Yuichi Aoyama[1,2], Koichiro Doi[1,2], Hajime Oishi[3], Jun Nishijima[4], Hiroshi Ikeda[5]

1. 総合研究大学院大学、2. 国立極地研究所、3. NECネッツエスアイ株式会社、4. 九州大学、5. 筑波大学
1. SOKENDAI (The Graduate University of Advanced Studies), 2. National Institute of Polar Research, 3. NEC Networks & System Integration Corporation, 4. Kyushu University, 5. University of Tsukuba

Continuous gravity observation has been conducted with a superconducting gravimeter (SG) at the Japanese Antarctic station, Syowa Station (69°0.2646’ S, 39°34.9074’ E) since 1993. The first SG, TT70#016, was replaced by the second SG, CT#043, in 2003, then CT#043 was replaced by the third OSG#058 in 2010, and OSG#058 is in operation. It is considered that the gravity observations with SGs, which have a high sensitivity, are detecting the gravitational signal of local snow accumulation in Syowa Station. It is necessary to correct the accumulated snow effect for monitoring the geophysically important but weak signals, such as one associated with Glacial Isostatic Adjustment (GIA).

The distribution of snow depth in Syowa Station was estimated from digital surface models (DSMs) made from unmanned aerial vehicle (UAV) photographic survey by applying structure from motion (SfM) processing methods to the aerial photographs. In the 59th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-59) activity (2017-2019), we conducted aerial photogrammetry by the fixed-wing drone “senseFly eBee Plus,” which has dual-frequency GNSS receiver, over Syowa Station in January (austral summer season). Besides, we have conducted aerial photogrammetry by the rotary wing drone "DJI Inspire 2" and “DJI Phantom” in the same area, about every one month from May to November (austral winter season). The DSM and the orthomosaic photo were generated from each set of the geotagged photos using the SfM software “Pix4D.”

For improving the accuracy of DSM, we used the geodetic triangulation survey points operated by GSI (Geospatial Information Authority of Japan) as GCP (ground control points) in SfM analysis. We also calibrated the height of DSM by using the ground area uncovered by snow characterized by Brown color as fixed height sites. Thereby, we obtained the time-series of snow depth distributions by calculating height differences among DSMs.

We calculated the attractive changes on OSG#058 estimated from the obtained snow depth distribution. Consequently, it was revealed that the local snow accumulation changes in the Syowa Station caused a seasonal gravity variation of at least 0.1-0.3 μGal (1 μGal = 10^{-8} m/s^2).

In this presentation, we show the details of observed changes in snow distribution, and discuss the comparison between the estimated gravity effect of local snow accumulation and the gravity change observed by OSG#058.

キーワード：超伝導重力計、無人航空機、SfM
Keywords: Superconducting gravimeter, Unmanned aerial vehicle (UAV), Structure from Motion (SfM)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_15

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ
Dynamic map for engineering use of GNSS positioning

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4]
*Mikio Satomura[1], Seiichi Shimada[1,2], Hirokazu Ito[1], UKEI KAZUYUKI[1], Mikio Sueno[1,3], Shigeru Nakao[4]

1. 株式会社日豊、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 株式会社カルシステム、4. 鹿児島大学大学院理工学研究科
1. Nippo Company, Limited, 2. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, 3. Calsystem Company, Limited, 4. Graduate School of Scienece and Engineering, Kagoshima Univeresity

１．はじめに

我々は，2008年以降国土地理院の電子基準点RINEXデータを毎日取得し，GAMIT/GLOBKソフトウエアを用いて自動解析を行って，日値と週値の座標データを蓄積している(島田ほか,2014;2015)．その解析の基準座標系はできるだけその時点で最新の座標系の準拠するように2008年4月～2011年10月はITRF2005，2011年10月～2017年5月はITRF2008，2017年5月以降はITRF2014座標系を使用している．解析では，ITRF座標系に拘束するための基準点として，日本周辺の30点のIGS点の観測データを用い，日本国内の電子基準点データと一緒にして解いている．また、Bernese Ver.5.2を用いて同じ条件で解析を行い，結果に解析ソフトウエアによる差が出ていないか否かについてチェックを行っている．さらに日本の地殻変動のモニタリングのために，日本全域を1174の四角形の網と197の三角形の網に分け，それぞれの基線長，面積ひずみを計算している．これらのシステムについてはいくつかの特許を取り，それに基づいて計算を行っている．また，これらの結果については，測地学会やJpGUでも何度か研究発表を行ってきた．

２．工学利用のためのダイナミックマップ（4次元マップ）管理への適用

以上のデータを用いることで，地盤情報システム（JISLaD)として，電子基準点の位置や基線長の変化をすでに公開している．また面積ひずみ等の変動のモニタリング結果の公表も予定している．

さらに，GEONET点での変動から任意の点の変動速度を算出することを計画している．具体的には，4次元マップであるダイナミックマップ管理への適用を考えている．

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中の1項目として，第1期，第2期ともに自動走行システムが挙げられている．自動走行システムはさまざまの技術を結集すべきシステムであるが，その中の重要な項目として高精度のデジタル地図があげられる．自動走行のための自己位置の推定には衛星測位情報等を用いた自己位置の認識が重要であるが，それに対応する地図がなければ自己位置の認識だけでは意味がない．

いうまでもなく日本は地殻変動が激しい．したがって一度精密なデジタル地図を作ったからと言っていつまでもその地図が使えるわけではない．

日本の地図の地殻変動に対する考え方は，セミダイナミックシステムが基本になっている．つまりまず元期を決め，地殻変動の観測に基づいて，現在測量した最新の位置座標を元期の座標の値に戻して，地図との対応をとるという考え方である．

この方式は，土地の登記等の利用には向いているのだろうが，地殻変動の激しい日本列島でその瞬間ごとの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自動車の位置と地図とを対応させる自動走行システムに向いているとは言えない．そこで，我々は地殻変動に伴う変化を考慮して地図の座標そのものを日々新しいものにしていくダイナミックマップが自動走行システムの重要な基盤になると考え，JISLaDデータのダイナミックマップ管理への適用を考えている．東北地方では，東北地方太平洋沖地震以降，いまだに年間10㎝を超えるような余効変動変動が続いている．自動走行に使う基盤地図としては10㎝程度の精度が必要であると考えており，このことは新たな地震等による地殻変動が起こらなくても，東北地方は最低年1回は地図の更新が必要であることを意味している．

この考え方は，何も道路と自動走行の車に限ったものではなく，精密座標の取得が有効と考えられるすべての工学利用にとって重要なことであり、特に電子航法を使っている航空機と空港の位置関係の確認などにはとても重要な事柄である．

キーワード：ダイナミックマップ、４次元座標管理、GNSS精密測位
Keywords: dynamic map, 4 dimensional coordinate management, precise GNSS positioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について
Utilization of Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis Technology for Disaster Prevention

*中村 貴子[1]、六川 修一[1]
*Takako Nakamura[1], Shuichi Rokugawa[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

本研究は、干渉SAR時系列解析を用いて土砂崩れなどの災害発生前後の地盤変動の抽出とモニタリングの可能性を考察するものである。解析は過去に災害が発生した場所で、その発生前後の時期に取得された衛星画像データを用いて行った。こうして得られた成果は、近年多発する地震や火山噴火、局所的な豪雨による土砂災害の危険地域において災害の発生時期をある程度予測する材料になりうると思われる。実際に土砂災害の被災地域をいくつか選定し、モデル地域として干渉SAR解析技術を用いた地盤変動解析を行った。

選定地域は宮崎県の耳川上流域、広島県南西部、九州北西部などで、それぞれ過去に土砂災害に見舞われた地域や地すべり危険区域である。使用データはALOS/PALSARのアーカイブデータの中から、衛星稼働期間中に取得された偏波：HH、入射角：34.3°の画像データを用いた。干渉SAR時系列解析の適用においては、複数の軌道の干渉画像を統合的に解析する平滑化拘束付きインバージョン手法を用いて微小な変動の検出を可能にしている。また、ディセンディングとアセンディングの２軌道を用いた2.5次元解析も行った。解析の結果、耳川上流域では、崩壊跡の他、未崩壊の地点でも強い変位が見られ、これから崩壊が起こる可能性の高い地点が抽出されている可能性が高いと思われる。そのような地域は他の解析例でも見られた。広島県南西部の被災地周辺の2.5次元解析結果からは東向成分の変動量図から実際の土砂災害箇所がほぼピンポイントで抽出された。本地域は北東－南西方向の断層が卓越しており連続した山の斜面が同様の方向に延びており、それらの特徴的な地形が地盤変動の方向に影響しているものと思われる。九州北西部地域では、メディアンフィルタ＋ヒストグラム抽出処理＋ラプラシアンフィルタ処理を併用することで、地すべり箇所の他に地すべりの初期変動が起こっていると思われる箇所がいくつか検出された。

以上の結果、災害時に起こる比較的大きな変動と異なり、災害直前の微細な地盤変動を抽出するためには、干渉SAR時系列解析に様々な工夫が必要であることが分かった。また、干渉SAR解析を用いたモニタリングを実運用するためには、対象地域の地質や地形の特徴を十分考慮し、平時から対象地域に関するベースとなる情報を蓄積整備しておくことが重要であると思われる。有事の際には最新の観測データを直ちに入手し、アーカイブデータと追加解析を行うことにより、最新の変動状況が入手可能となる。

キーワード：干渉SAR時系列解析、防災、地盤変動解析
Keywords: Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis, disaster prevention, ground deformation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動
The annual and secular movements of vertical component in GEONET sites caused by groundwater usages

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1]
*Seiichi Shimada[1], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

GEONETの多くの観測点において，地下水の利用に起因する上下成分の年周・長期変動などが観測されている．地下水汲み上げに伴う地盤の上下変動観測は，地下水位や気象要素の観測と並んで，地下水循環モデル確立のために不可欠な観測要素である．国土地理院は上下変動のモニター手段を，従来の水準測量からGNSSなど宇宙測地手法へと転換しようとしており，近い将来GNSS観測による上下変動観測手法は，地下水循環モデルを通じて，地下水利用とその管理に不可欠な観測ツールとなっていく可能性が高い．地下水利用において大きな障害の一つである地盤沈下を観測するために，近い将来大量の地下水を汲み上げる水井戸近傍には，GNSS観測のためのアンテナ基台設置が不可欠になっていくであろう．

本講演では，GEONET観測点のうち，関東地方及び新潟県にある152点を解析して明らかにされた，地下水利用に伴う年周変動及び長期のsecular変動の例を紹介する．解析ではまず東アジア及び周辺域の23点のIGSを座標基準点としてGEONET観測点の日値座標値を求めた．座標基準系としてITRF2014，マッピング関数としてVMF1マッピング関数を用い，カットオフ仰角は10°とした．また，毎時の天頂遅延量と４時間毎の大気勾配を，観測点座標値・ambiguityとともに推定した．次に30日windowのKalmanフィルタを適用して短周期の変動を取り除き，年周・半年周変動やsecular変動などの上下変動を，長期間の観測データから明らかにした．

関東地方の観測点においては，埼玉県を中心とした関東平野中部～北部における地下水の農業利用による上下変動が検出されている．例えば，国土地理院構内にあるつくば１観測点（92110点）では，近傍のVLBI観測や地下水位観測と調和的な，夏季に沈降する年周変動が観測されており，周辺の水田における地下水の農業利用のための地盤変動と考えられている（飛田ほか，2004; Munekane et al., 2010; Shimada et al., 2017）．

九十九里地域では水溶性天然ガス採取のための大きな沈降変動が観測されている．この地域の大網白里観測点（93027点）と長生観測点（93033点）では，冬季に沈下する年周変動のほか，水準変動やInSAR観測と調和的な長期にわたる地盤沈下が観測されている（原田，2018; 島田ほか，2018）．

新潟平野を含む新潟県内では，消雪用の地下水利用が盛んに行われており，このための上下変動が観測されている．例えば三条市内の新潟栄観測点（970810点）では，冬季に沈降する年周変動のほか，特に積雪量が多く地盤沈降量が大きかった年に，非弾性的な永年沈下の進行が見られている（島田，2018）．

キーワード：GNSS測定、GEONET、地下水利用、年周変動、長期変動
Keywords: GNSS measurements, GEONET, Groundwater usage, Annual movements, Secular movements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-GD 測地学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[S-GD02] 宇宙測地学の工学利用

コンビーナ:島田 誠一(東京大学大学院新領域創成科学研究科 株式会社日豊)、六川 修一(東京大学)、宮原 伐折羅(国土交通省国土地理院)、辻井 利昭(公立大学法人大阪府立大学　大学院工学研究科　航空宇宙海洋系専攻)

日本国内における宇宙測地学のコミュニティでは，地震学・火山学・気象学など地球科学を中心とした理学的な利用研究が圧倒的である．しかし，AGUなど海外の学会では工学的な利用の研究も盛んに行われている．近年は，GNSSやInSAR測定手法の進歩によって，国内でも宇宙測地計測を広く工学に利用しようとする動きが進みつつある．また，国土地理院が標高測量を水準測量からGNSSを中心とした宇宙測地計測に移行しようとしており，水準測量を利用してきた多くの工学分野でも宇宙測地手法が急速に普及していく可能性が高い．本セッションでは，地盤計測・自動運転など宇宙測地計測を利用した工学分野の先進的な研究を紹介して，特に若い地球科学研究者に対して宇宙測地学の工学利用を紹介する．また，宇宙測地技術を用いた工学分野の計測・研究に関する幅広い一般投稿を歓迎する．

[SGD02-P01] GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4] (1.株式会社日豊、2.東京大学大学院新領域創成科学研究科、3.株式会社カルシステム、4.鹿児島大学大学院理工学研究科)

[SGD02-P02] 干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について

*中村 貴子[1]、六川 修一[1] (1.東京大学)

[SGD02-P03] 地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1] (1.東京大学大学院新領域創成科学研究科)

GNSS測位の工学利用のためのダイナミックマップ
Dynamic map for engineering use of GNSS positioning

*里村 幹夫[1]、島田 誠一[1,2]、伊藤 広和[1]、請井 和之[1]、末野 幹雄[1,3]、中尾 茂[4]
*Mikio Satomura[1], Seiichi Shimada[1,2], Hirokazu Ito[1], UKEI KAZUYUKI[1], Mikio Sueno[1,3], Shigeru Nakao[4]

1. 株式会社日豊、2. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、3. 株式会社カルシステム、4. 鹿児島大学大学院理工学研究科
1. Nippo Company, Limited, 2. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, 3. Calsystem Company, Limited, 4. Graduate School of Scienece and Engineering, Kagoshima Univeresity

１．はじめに

我々は，2008年以降国土地理院の電子基準点RINEXデータを毎日取得し，GAMIT/GLOBKソフトウエアを用いて自動解析を行って，日値と週値の座標データを蓄積している(島田ほか,2014;2015)．その解析の基準座標系はできるだけその時点で最新の座標系の準拠するように2008年4月～2011年10月はITRF2005，2011年10月～2017年5月はITRF2008，2017年5月以降はITRF2014座標系を使用している．解析では，ITRF座標系に拘束するための基準点として，日本周辺の30点のIGS点の観測データを用い，日本国内の電子基準点データと一緒にして解いている．また、Bernese Ver.5.2を用いて同じ条件で解析を行い，結果に解析ソフトウエアによる差が出ていないか否かについてチェックを行っている．さらに日本の地殻変動のモニタリングのために，日本全域を1174の四角形の網と197の三角形の網に分け，それぞれの基線長，面積ひずみを計算している．これらのシステムについてはいくつかの特許を取り，それに基づいて計算を行っている．また，これらの結果については，測地学会やJpGUでも何度か研究発表を行ってきた．

２．工学利用のためのダイナミックマップ（4次元マップ）管理への適用

以上のデータを用いることで，地盤情報システム（JISLaD)として，電子基準点の位置や基線長の変化をすでに公開している．また面積ひずみ等の変動のモニタリング結果の公表も予定している．

さらに，GEONET点での変動から任意の点の変動速度を算出することを計画している．具体的には，4次元マップであるダイナミックマップ管理への適用を考えている．

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の中の1項目として，第1期，第2期ともに自動走行システムが挙げられている．自動走行システムはさまざまの技術を結集すべきシステムであるが，その中の重要な項目として高精度のデジタル地図があげられる．自動走行のための自己位置の推定には衛星測位情報等を用いた自己位置の認識が重要であるが，それに対応する地図がなければ自己位置の認識だけでは意味がない．

いうまでもなく日本は地殻変動が激しい．したがって一度精密なデジタル地図を作ったからと言っていつまでもその地図が使えるわけではない．

日本の地図の地殻変動に対する考え方は，セミダイナミックシステムが基本になっている．つまりまず元期を決め，地殻変動の観測に基づいて，現在測量した最新の位置座標を元期の座標の値に戻して，地図との対応をとるという考え方である．

この方式は，土地の登記等の利用には向いているのだろうが，地殻変動の激しい日本列島でその瞬間ごとの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自動車の位置と地図とを対応させる自動走行システムに向いているとは言えない．そこで，我々は地殻変動に伴う変化を考慮して地図の座標そのものを日々新しいものにしていくダイナミックマップが自動走行システムの重要な基盤になると考え，JISLaDデータのダイナミックマップ管理への適用を考えている．東北地方では，東北地方太平洋沖地震以降，いまだに年間10㎝を超えるような余効変動変動が続いている．自動走行に使う基盤地図としては10㎝程度の精度が必要であると考えており，このことは新たな地震等による地殻変動が起こらなくても，東北地方は最低年1回は地図の更新が必要であることを意味している．

この考え方は，何も道路と自動走行の車に限ったものではなく，精密座標の取得が有効と考えられるすべての工学利用にとって重要なことであり、特に電子航法を使っている航空機と空港の位置関係の確認などにはとても重要な事柄である．

キーワード：ダイナミックマップ、４次元座標管理、GNSS精密測位
Keywords: dynamic map, 4 dimensional coordinate management, precise GNSS positioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

干渉SAR時系列解析技術の防災への利活用について
Utilization of Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis Technology for Disaster Prevention

*中村 貴子[1]、六川 修一[1]
*Takako Nakamura[1], Shuichi Rokugawa[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

本研究は、干渉SAR時系列解析を用いて土砂崩れなどの災害発生前後の地盤変動の抽出とモニタリングの可能性を考察するものである。解析は過去に災害が発生した場所で、その発生前後の時期に取得された衛星画像データを用いて行った。こうして得られた成果は、近年多発する地震や火山噴火、局所的な豪雨による土砂災害の危険地域において災害の発生時期をある程度予測する材料になりうると思われる。実際に土砂災害の被災地域をいくつか選定し、モデル地域として干渉SAR解析技術を用いた地盤変動解析を行った。

選定地域は宮崎県の耳川上流域、広島県南西部、九州北西部などで、それぞれ過去に土砂災害に見舞われた地域や地すべり危険区域である。使用データはALOS/PALSARのアーカイブデータの中から、衛星稼働期間中に取得された偏波：HH、入射角：34.3°の画像データを用いた。干渉SAR時系列解析の適用においては、複数の軌道の干渉画像を統合的に解析する平滑化拘束付きインバージョン手法を用いて微小な変動の検出を可能にしている。また、ディセンディングとアセンディングの２軌道を用いた2.5次元解析も行った。解析の結果、耳川上流域では、崩壊跡の他、未崩壊の地点でも強い変位が見られ、これから崩壊が起こる可能性の高い地点が抽出されている可能性が高いと思われる。そのような地域は他の解析例でも見られた。広島県南西部の被災地周辺の2.5次元解析結果からは東向成分の変動量図から実際の土砂災害箇所がほぼピンポイントで抽出された。本地域は北東－南西方向の断層が卓越しており連続した山の斜面が同様の方向に延びており、それらの特徴的な地形が地盤変動の方向に影響しているものと思われる。九州北西部地域では、メディアンフィルタ＋ヒストグラム抽出処理＋ラプラシアンフィルタ処理を併用することで、地すべり箇所の他に地すべりの初期変動が起こっていると思われる箇所がいくつか検出された。

以上の結果、災害時に起こる比較的大きな変動と異なり、災害直前の微細な地盤変動を抽出するためには、干渉SAR時系列解析に様々な工夫が必要であることが分かった。また、干渉SAR解析を用いたモニタリングを実運用するためには、対象地域の地質や地形の特徴を十分考慮し、平時から対象地域に関するベースとなる情報を蓄積整備しておくことが重要であると思われる。有事の際には最新の観測データを直ちに入手し、アーカイブデータと追加解析を行うことにより、最新の変動状況が入手可能となる。

キーワード：干渉SAR時系列解析、防災、地盤変動解析
Keywords: Interferometric Synthetic Aperture Radar Time Series Analysis, disaster prevention, ground deformation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地下水利用に起因するGEONET観測点上下成分の年周・長期変動
The annual and secular movements of vertical component in GEONET sites caused by groundwater usages

*島田 誠一[1]、愛知 正温[1]
*Seiichi Shimada[1], Masaatsu Aichi[1]

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科
1. Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo

GEONETの多くの観測点において，地下水の利用に起因する上下成分の年周・長期変動などが観測されている．地下水汲み上げに伴う地盤の上下変動観測は，地下水位や気象要素の観測と並んで，地下水循環モデル確立のために不可欠な観測要素である．国土地理院は上下変動のモニター手段を，従来の水準測量からGNSSなど宇宙測地手法へと転換しようとしており，近い将来GNSS観測による上下変動観測手法は，地下水循環モデルを通じて，地下水利用とその管理に不可欠な観測ツールとなっていく可能性が高い．地下水利用において大きな障害の一つである地盤沈下を観測するために，近い将来大量の地下水を汲み上げる水井戸近傍には，GNSS観測のためのアンテナ基台設置が不可欠になっていくであろう．

本講演では，GEONET観測点のうち，関東地方及び新潟県にある152点を解析して明らかにされた，地下水利用に伴う年周変動及び長期のsecular変動の例を紹介する．解析ではまず東アジア及び周辺域の23点のIGSを座標基準点としてGEONET観測点の日値座標値を求めた．座標基準系としてITRF2014，マッピング関数としてVMF1マッピング関数を用い，カットオフ仰角は10°とした．また，毎時の天頂遅延量と４時間毎の大気勾配を，観測点座標値・ambiguityとともに推定した．次に30日windowのKalmanフィルタを適用して短周期の変動を取り除き，年周・半年周変動やsecular変動などの上下変動を，長期間の観測データから明らかにした．

関東地方の観測点においては，埼玉県を中心とした関東平野中部～北部における地下水の農業利用による上下変動が検出されている．例えば，国土地理院構内にあるつくば１観測点（92110点）では，近傍のVLBI観測や地下水位観測と調和的な，夏季に沈降する年周変動が観測されており，周辺の水田における地下水の農業利用のための地盤変動と考えられている（飛田ほか，2004; Munekane et al., 2010; Shimada et al., 2017）．

九十九里地域では水溶性天然ガス採取のための大きな沈降変動が観測されている．この地域の大網白里観測点（93027点）と長生観測点（93033点）では，冬季に沈下する年周変動のほか，水準変動やInSAR観測と調和的な長期にわたる地盤沈下が観測されている（原田，2018; 島田ほか，2018）．

新潟平野を含む新潟県内では，消雪用の地下水利用が盛んに行われており，このための上下変動が観測されている．例えば三条市内の新潟栄観測点（970810点）では，冬季に沈降する年周変動のほか，特に積雪量が多く地盤沈降量が大きかった年に，非弾性的な永年沈下の進行が見られている（島田，2018）．

キーワード：GNSS測定、GEONET、地下水利用、年周変動、長期変動
Keywords: GNSS measurements, GEONET, Groundwater usage, Annual movements, Secular movements

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_6

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬場 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴
Spatial-temporal and seismogram characteristics of foreshock and aftershock activities for tsunami earthquakes

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1]
*Yifeng Liu[1], Yoshihiro Ito[2], Kazuaki Ohta[2], Satoshi Katakami[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institude, Kyoto University

津波地震は短周期マグニチュードに比べて大きな津波をもたらす異常な地震である。それゆえ、沿岸部に住んでいる人があまり揺れを感じず、避難行動につながりにくいため、甚大な津波被害へとつながる可能性が高い。一方津波地震の観測事例は、通常の地震に比べて、その観測事例が少ないため、その発生メカニズムについては未だ明らかではない。本研究では津波地震の発生メカニズムの解明を目的として、過去に発生した３つの津波地震（ニカラグア(1992/09/02, Mw7.7)・ジャワ島(2006/07/17, Mw7.7)・メンタワイ(2010/10/25, Mw7.8)）の前震・余震活動を調べた。さらに津波地震と同様の特徴を示すやや小規模の地震が、前震や余震活動の中に含まれていないか調べた。

はじめに、ISCやUSGSなどで公開されている地震カタログとIRISによる波形の記録を用い、前震並びに余震活動の抽出、または時空間的特徴の評価を行った。ニカラグア本震の発生前には、震央から約10km離れた西側でMb5前後の前震（1992/08/10 06:09:20 Mb 5.2, 1992/08/10 06:34:14 Mb4.7, 1992/08/11 05:23:51 Mb 5.1, 1992/08/13 08:41:17 Mb 4.7）が四つ発生した。ここでは、本震前の三年間の地震カタログ中のイベントを津波地震の震源を中心とした５度*５度の領域を１度刻みで分割し、各セグメントに含まれる地震の活動度を調べた。３つの地域ごとに分析した結果、津波地震の本震域の周辺ではいずれも静穏期が存在していることが分かった。また、ニカラグア地震の余震に関しては、前震と同じセグメントで余震の静穏期が検出された。

ニカラグア地震の本震発生前には、本震の震源域付近の前震活動にマイグレーションが観測された。マイグレーションに含まれているイベントと同領域で発生した余震の波形を、本震の波形と比較した。ここでは、各イベントに対して、表面波とS波の最大振幅の比を求めることでそれらを比較した。その結果、津波地震の本震の値は、表面波とS波の比が圧倒的に高い値を示すのに対して、前震および余震については津波地震と同様の特徴を示していない。これは本震のみが津波地震的な特徴を示す断層運動であるに対し、津波震源域内で発生する小規模な地震は通常の地震と同様の破壊現象であることを示唆する。

キーワード：津波地震、地震活動、波形処理
Keywords: tsunami earthquake, seismic activity, waveform analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

世界の大規模地震の続発性ー実事例と時空間ETASによる比較
Successively occurring large earthquakes in the world –comparison of real cases with expectations by the space-time ETAS

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2]
*Tetsuo Hashimoto[1], Takashi YOKOTA[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 愛知工業大学
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Reaserch Institute, 2. Aichi Institue Technology

政府の防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会において，南海トラフ地震情報が発表される事象の基準作りが行われている．具体的な防災対策の実施のため，どのような現象が対応する事象に該当するのか，その具体的な基準が検討されている．今回は，この検討に資するため，世界の大規模地震の発生について，新たに改訂されたISC-GEM version5.1のデータ(1904－2014年)を用いて解析した．さらに，時空間ETAS(Ogata and Zhaung,2006，尾形,2015)等を用いて，大規模地震発生に係る試算を行ったので，報告する．

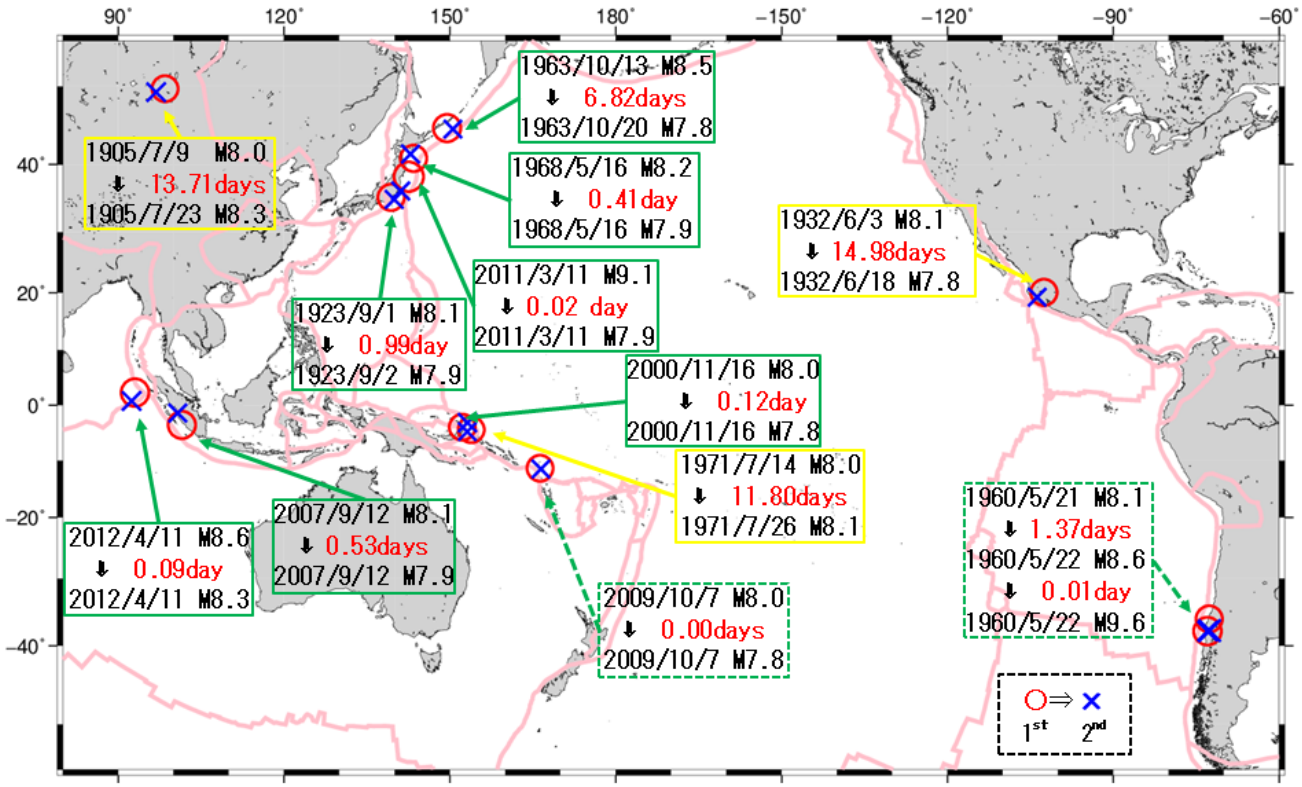
最近100年程度に発生した世界のＭｗ8.0以上の地震は，103事例抽出され，その内，3日以内，7日以内及び30日以内に，周辺500㎞以内の領域で，Ｍｗ7.8以上の地震が続発したのは，それぞれ9事例，10事例，13事例あった．このように地震発生直後に続発する事例が多く，かつ，時間が経過しても，続発が継続することも，再確認できた．

日本周辺域パラメータ(Ogata and Zhaung,2006)および，一元化データから推定したb＝0.92として，時空間ETASでMw8.0以上の世界の地震について震央距離500㎞以内にM7.8以上の地震が3日以内，7日以内及び30日以内に発生する期待値を計算し，和をとると，それぞれ5.3回，6.5回，8.0回となり，期待される発生頻度の値や先行地震からの経過時間に伴う減少傾向は，上述の実事例と概ね整合的であった．

謝辞：ISCのISCGEMver5.1を使わせていただいた．また，気象庁地震火山部地震予知情報課に多大なる協力を得た．

キーワード：南海トラフ地震、大規模地震、続発性、ETAS
Keywords: Nankai trough earthquake, Large earthquake, occurring in succession, ETAS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Epicentral distribution of pairs of the over Mw8 as 1st event(upper) and over Mw7.8 as 2nd event(lower) within 500km of the 1st. Time differences of two events are shown as red (yellow frames are over 7days). Pairs of less 50km of distance are shown as dashed frame. Plate boundaries data from Bird(2003). Map is drawn with GMT.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安定海洋プレートでの地震活動
Seismicity beneath stable oceanic plate

*石原 靖[1]
*Yasushi Ishihara[1]

1. 海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター
1. R&D Center for Earthquake and Tsunami, JAMSTEC

Stable oceanic plate has low seismic activity generally. Real tectonic deformation is also stable? To survey this topics, high quality and long-term observation. Pacific21 broadband seismic network deploys stations in Micronesia area. At present five islands station are under operation. Two of all have already telemetered to our data center via internet connection and transfer to other organization and institute.
In this year new telemeter station (station code: CHUK) is completed successfully. Chuuk (Truk) island locates on old oceanic plate about 900-1,000km southeast of Mariana trench and Guam. CHUK station locates inside deep tunnel made in more than 70 years ago, WWII era. The site condition is fine in basalt mountain, under stable temperature and on rigid floor. We deployed STS-2 broadband sensor in sensor room, high-resolution data logger and stable power supply system. CHUK station will contribute monitor and location of earthquake around Mariana trench and outer rise area.
Though CHUK station locates in small oceanic island and records strong ocean microseism, background noise level is lower level than standard model. CHUK station is excellent site to monitor including small local earthquake. CHUK station operates for about four years. We review continuous data and pick up local regional seismic events. Not only outer rise region but also Chuuk island area and hidden tectonic zone has active seismicity. By trial analysis, depth of these seismic events is beneath 20km. It implies stress concentration in oceanic plate and its deformation.

キーワード：海洋プレート、地震活動
Keywords: oceanic plate, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

Relation between long-term slow slip events and correlation between tidal triggering effect and deep low-frequency earthquakes in Bungo Channel: Part 2

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Akio Kobayashi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

豊後水道では，長期的スロースリップイベント（LSSE）が数年間隔で繰り返し［例えば，Kobayashi, 2017, EPS］，それに同期して深部低周波微動・地震（LFE）が活発化している［Hirose et al., 2010, Science］．微動活動は高い潮汐相関を示すことが指摘されている［Ide, 2010, Nature; Ide & Tanaka, 2014, GRL］が，LFEの潮汐相関の長期的な時間変化に着目した研究はない．

他方，通常の地震活動と潮汐との相関についても精力的に調査されており，大地震前に震源域周辺で相関が高くなり，地震発生後に低下するという報告がある［例えば，Tanaka, 2012, GRL］．さらに，高潮汐相関の先行期間はその後に発生する地震の規模と対応しているとも指摘されている［Tanaka, 2012］．

そこで本研究では，大地震の前後にみられる定常地震活動と潮汐との相関の時間変化の関係が豊後水道で発生しているLSSE前後におけるLFEと潮汐との相関の時間変化にもみられるかに着目して解析を行った．

用いたデータは，2000年1月1日～2018年3月21日に豊後水道直下で発生したLFEで，気象庁一元化震源カタログで低周波フラグが付加されたイベントとした．LFEは通常の地震に比べて震源決定精度が低い．なお，気象庁によるLFEの決定方法が2018年3月22日から切り替わり，そこを境に検知能力が変わっている．長期的な変化をみるには適さないと考え，データ期間から外した．

潮汐が地下の断層に与える影響を推定するために，断層パラメータを設定する必要がある．本解析対象は約15 km四方の狭い領域であるため，プレート形状［Hirose et al., 2008, JGR］と深部超低周波地震のMT解［Ide & Yabe, 2014, GRL］を考慮して，ひとつの断層面（走向237˚，傾斜角16˚，すべり角103˚）を仮定した．震源は一律，解析領域の中心（東経132.254˚, 北緯33.142˚，深さ32 km）で発生したと見做し，発生時間は気象庁カタログ値をそのまま用いた．

震源における理論潮汐応答は，固体地球潮汐と海洋潮汐荷重効果の両方を考慮し，潮汐指標として体積歪ΔV，仮定した断層面上のせん断応力Δτ，法線応力Δσ，及びΔCFF（見掛けの摩擦係数は0.1, 0.4, 0.7）の6成分を解析対象とした．体積歪及び法線応力については膨張・拡張を正，収縮・圧縮を負とした．せん断応力及びΔCFFについては断層すべりを促進する方向を正，抑制する方向を負とした．潮汐位相角は，各時系列についてイベント前及び後の極小値の位相を-180˚及び180˚，極小値間の極大値の位相を0˚とし，その間は等分割した位相と定義した．潮汐位相角に基づき，LFEと潮汐との相関度を*p*値［Schuster, 1897］で評価した．

解析の結果，LFEはΔτの潮汐位相角が0˚（すべりを促進）であるときに発生しやすいことが明らかとなった．これは見掛けの摩擦係数が極めて小さく，間隙水圧が極めて高いことを示唆しており，地震波速度構造から推測される流体の存在［Hirose et al., 2008］とも整合する．解析期間中に，LSSEは3回（2003-2004年，2009-2011年，2014年）発生している．*p*値の時間変化は，これらLSSE前に小さく（潮汐との相関が高く），LSSE後に大きく（潮汐との相関が小さく）なる傾向を示した．この結果は巨大地震前後にみられる背景地震の*p*値の時間変化と類似している．このことから，LFEの潮汐相関はLSSEによる応力場の擾乱と強く関連していることが示唆される．なお，2018年3月時点での*p*値は，これまでのLSSE発生前の水準まで低下している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球潮汐、p値、深部低周波地震、長期的スロースリップイベント、豊後水道
Keywords: Earth tide, Schuster's p value, Low frequency event, Long-term slow slip event, Bungo Channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた初動読み取りと震源決定
Arrival-time and hypocenter determination using S-net

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Tomomi Okada[1], Ryota Takagi[1], Takashi NAKAYAMA[1], Syuichi Suzuki[1], Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Keisuke Yoshida[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

Hypocenter distribution is basic information for understanding seismogenesis.

For east off Honshu from Hokkaido, Tohoku, Kanto, S-net has been deployed by NIED. S-net is expected to improve accuracy of hypocenter location. In this study, we show a preliminary result of hypocenter determination using S-net and onshore stations.

We used hypomh (Hirata and Matsu’ura (1984)) with seismic velocity structure of Hasegawa et al. (1978). In our case, we used waveform converted to vertical, north-south, east-west components by Takagi et al. (this meeting).

For the earthquake near coast line, we can determine reliable hypocenter location, which is correspond to the location determined by F-net CMT or AQUA catalog. However, large travel time residuals over 3 seconds earlier are estimated for distant stations including the stations east of trench. This would mainly be due to the high velocity Pacific plate (e.g., Toyokuni et al., this meeting). To improve the velocity structure and use station correction are necessary for further study.

Acknowledgements: We used S-net, Hi-net and stations by universities (Hokkaido, Hirosaki, Tokyo and others), Aomori and Tokyo Pref., ADEP (Association for the development of earthquake prediction) and JMA. Profs. Matsuzawa, Zhao, Umino and Hasegawa and Mr. Hirahara give us valuable suggestions.

キーワード：S-net
Keywords: S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

Focal mechanisms of the double seismic zone in the Pacific plate, off Boso: Temporal change after the 2011 Tohoku EQ

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10]
*Guanyu Chen[1], Toshinori Sato[2], Tomoharu Sato[1], Asami Terada, Masanao Shinohara[3], Kimihiro Mochizuki[3], Tomoaki Yamada[3], Kenji Uehira[4], Takashi Shimbo[5], Shuichi Kodaira[5], Yuya Machida[5], Ryota Hino[6], Ryosuke Azuma[6], Yoshio Murai[7], Yoshihiro Ito[8], Hiroshi Yakiwara[9], Kenji Hirata[4], Akinori Hashima[3], Andrew M. Freed[10]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 東京大学地震研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 海洋研究開発機構、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 北海道大学大学院理学研究院、8. 京都大学防災研究所、9. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10. Purdue University
1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 8. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 10. Purdue University

1.はじめに

房総沖では、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、太平洋プレート内に二重深発地震面が明瞭にみられる（例えば寺田・他、JpGU2016）。佐藤・他（JpGU, 2018）は陸上観測と海底地震計観測のデータを用いて、2011年東北地震前後での二重深発地震の発震機構を調べたところ、下面の発震機構が地震前は沈み込む方向に伸長が卓越していたが、地震後3か月は圧縮になっていたことを発見した。本研究は、下面の発震機構が東北地震後、時間とともにどう変化したかについて、地震後1年間のデータを用いて議論する。

2.データと解析方法

使用データは、Hi-netの波形データと東北地震後の海底地震計を用いた余震観測（2011/3/15-2012/3/31）である。寺田・他によって再決定された地震のうち、太平洋プレート内の二重深発地震面にある地震を抜き出し、P波の押し引きを検測した。寺田・他が決定した3次元地震波速度構造から射出方向、射出角を求め、グリッドサーチで最適な発震機構を求めた。

3.結果

東北地震後1年間では、二重深発地震面上面は沈み込む方向に圧縮が卓越する地震が多くみられた。これに対し下面では、7月までは圧縮が卓越する地震がほとんどであったが、9月以降は、沈み込む方向に伸長する地震が多数となった。これは、東北地震によって太平洋プレートが浅部で下方に動いたため、この二重深発地震面がある深さでは太平洋プレート内が地震後は圧縮になったが、その後、この応力が半年ほどで緩和したことを示している。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では、防災科学技術研究所のHi-netの波形データを使用させて頂きました。海域観測に関して、2011年東北地方太平洋沖地震余震観測での各航海における船長と乗組員の方々の協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

キーワード：二重深発地震面、発震機構の時間変化、太平洋プレート、房総沖、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Double seismic zone, temporal change of focal mechanism, the Pacific plate, off the Boso Peninsula, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6]
*Yukihiro Nakatani[1], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Reiji Kobayashi[2], Hiroki Miyamachi[2], Shigeru Nakao[2], Kazunari Uchida[3], Takeshi Matsushima[3], Hiroshi Shimizu[3], Kazuo Nakahigashi[4], Yusuke Yamashita[5], Hideji Abe[6], Tomoaki Yamada[6], Masanao Shinohara[6]

1. 鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東京海洋大学、5. 京都大学防災研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 6. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

The Ryukyu Trench subduction zone is seismically active region. In the northern part of the Nansei Islands, both seismic and aseismic events have occurred along the subducting plate interface. Spatial distribution of small local earthquakes in this region seems to show some seismic clusters and gaps. Short-term slow slip events and shallow low-frequency tremors have been also observed by recent onshore seismic and geodetic data. However, patterns of their slip behavior and spatiotemporal relationship between regular and slow earthquakes are less well understood because seismic stations are located only at the islands that are linearly arranged; at least 100 km away from the Ryukyu Trench.
We have therefore conducted repeating long-term ocean bottom seismographic observation off the northern part of the Nansei Islands since 2014. First, we deployed three pop-up type ocean bottom seismometers (OBSs) in April 2014. Then, three more OBSs were added to the network in July 2015, and after that deployment and retrieval of OBSs at the same position have been repeatedly carried out every about one year. The station interval is about 40–60 km.
In this study, we focus on regular local earthquakes, particularly seismic clusters beneath the central part of the observation network. In order to obtain key properties of the clusters and to detect missing earthquakes, we apply a matched-filter technique to OBS continuous waveform data. As template event waveforms, we select events determined by Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University. The hypocenters of the template events are relocated by merging manual pick data of P phases and S phases recorded on the OBSs with those on the onshore stations. As a preliminary result, we achieve detection of missing earthquakes using example template events and a threshold rule based on the median absolute deviation of the mean correlation coefficient. In this presentation, we further discuss the characteristics of waveform similarity of the OBS data.

Acknowledgements: This work is supported by Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program, the MEXT of Japan and by ERI JURP.

キーワード：OBS observation、the Ryukyu Trench、similar earthquakes
Keywords: OBS observation, the Ryukyu Trench, similar earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴
Seismicity and crustal structure in the Okinawa Trough

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2]
*Azusa Nishizawa[1], Takeshi Kimura[1], Kentaro Kaneda[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Coast Guard

沖縄トラフは，南西諸島（島弧）の背弧にあたり，フィリピン海プレートの沈み込みに起因して島弧地殻が伸張しつつある，日本列島周辺でも非常にユニークな海盆である．プレート沈み込み帯にあたる南西諸島（琉球）海溝では，観測された巨大地震数は少なく，プレート間の固着が小さいと考えられてきたこともあり，十分な観測が行われてこなかった．一方で沖縄トラフを含む南西諸島域で起こる地震については，観測点が弧状に点在する陸域に限られることもあり，精密な震源分布を得ることは困難である．

これまでの地震観測結果によれば，沖縄トラフ内の地震活動が局所的に分布していることが示されている．最近，海上保安庁によりトラフ全体にわたって詳細な地殻構造モデルが提出されたので，トラフの浅部地震活動の特徴を知るために，地震発生域と地震学的構造との関連について調べた．その結果，トラフの地殻内地震の活発な領域は構造の不均質性の大きなところに対応しており，例えば，これまでに地震活動がほとんどなかった海域で発生した2015年11月14日の薩摩半島西方沖地震（*M*7.1）とその余震活動は，沖縄トラフの北西縁の地殻がトラフ下よりも薄い領域に集中していることがわかった．これらの地震は横ずれ断層と正断層の発震機構解を持つがいずれも張力軸は北西－南東方向であり，この領域が現在のリフティング活動域であることを示した．

沖縄トラフの地殻内地震でこれまでに記録された最大のものは1938年6月10日の宮古島北西沖地震（*M* 7.2，*Ms*7.7）であり，1.5 mの津波が宮古島で観測された．この地震の震央は，トラフ内で最も深い水深を有する八重山海底地溝の北方延長部が陸的構造をもつ宮古海山に接する構造の不連続性の大きなところに推定されている．また2007年4月20日には同地域周辺で*M*6.7の地震を含む*M*6以上の地震が3回観測されるなど活発な活動が見られた．これらの地震の震央域は宮古海山北部の宮古海底地溝付近の地震反射断面図で正断層が多くみられるところに対応している．防災科研F-netの発震機構（モーメントテンソル解）によれば張力軸は北北西ー南南東方向で宮古海底地溝の走向に直交であり，宮古海底地溝に沿ってリフティング活動が集中していることを示唆する．しかしながら，この領域ではF-netのモーメントテンソル解カタログのデータの震源位置とグローバルCMT震源位置は最大20 km程度のずれがあり，沖縄トラフ内でも特に震源決定精度の悪い領域で，正確な位置の特定は難しい．

一方，速度構造調査の結果は，沖縄トラフは背弧拡大により形成された四国海盆における厚さ5-7 kmの薄い海洋性地殻とは異なり，より厚い島弧地殻を持っていることを示している．それは，例えば海洋地殻が形成されつつある中央海嶺軸付近よりも地震発生層が厚く，より大きな地震を起こす可能性があることを意味する．今後は，沖縄トラフで発生する地震や津波の予測について，さらには南西諸島海溝や隣接する南海トラフの巨大地震発生との関連についても，慎重に検討する必要があろう．

キーワード：沖縄トラフ、地震活動、地震学的構造
Keywords: Okinawa Trough, seismic activity, marine seismics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

Time series analyses of the seismic activities in southwestern Japanese Island to southeastern Korean Peninsula excited by the deep fluid heat flow

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Education, Arts and Sciences, Yamagata University

１．はじめに

2016年4月14日22時26分頃，熊本県中央部の深さ11kmを震源とする気象庁マグニチュードMj6.5の地震が発生した．その約1時間半後の15日00時03分頃にMj6.4の地震が，さらにその25時間後の16日01時25分にMj7.3の地震が発生した．これらの一連の地震は平成28年（2016年）熊本地震（気象庁，2016；以下，熊本地震）とよばれ，震央に近い益城町をはじめ，人的被害を含む構造物等の大規模な被害被害が発生した．この地震の発生の半年前から直前まで，沖縄トラフ北西部において，北東南西方向の伸びを示す，後の熊本地震と同規模の余震域をもつ一連の地震が起こっている．その後，半年～１年間の間に，朝鮮半島南東部，鳥取県中部と立て続けに被害地震が発生している．筆者は，これらの地震について，震源の詳細な時空間的解析の結果，およびその西南日本における時空間的位置づけを検討した結果，これらの地震の発生には深部流体が大きく寄与していることが明らかになったので報告する．なお，本報告中で使用した震源データは，すべて，気象庁一元化処理データを使用した．

２．西南日本の大規模浅発地震の時空分布

近年，近畿地方以西の日本列島周辺で発生した，被害をもたらすような大規模浅発地震は，少なくとも2015年11月以降，次のように列挙することができる．すなわち，

① 2015年11月15日 沖縄トラフ北西縁の地震 北緯31.33050°，東経128.71733°，深さ9.4km，M5.9．
前日（11月14日）にM5.1の前震，2016年5月7日にM5.5の最大余震．
② 2016年4月16日 平成28年2016年熊本地震 北緯32.75450° 東経130.76300°, 深さ12.45km，M7.3．
2日前の4月14日にM6.5，1日前の4月15日にM6.4の前震，2016年4月16日にM5.9の最大余震．
③ 2016年9月12日 朝鮮半島南東部の地震（慶州地震）北緯35.79817° 東経129.27167°，深さ36.0km，M5.8．
本震の40分前にM5.2の前震．1年後の2017年11月15日にはM5.2，さらにその3ヶ月後にはM4.8の地震．
④ 2016年10月21日 鳥取県中部の地震 北緯35.38050° 東経133.85617°，深さ10.61km，M6.6．
低周波地震からなる前震群，低周波地震を含む余震群．（10月26日には島根県西部において2個の低周波地震）
⑤ 2017年11月15日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.19584° 東経129.39417°，深さ11.0km，M5.6．
⑥ 2018年02月11日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.09883° 東経129.45700°，深さ4.0km，M4.6．
⑦ 2018年4月9日 島根県西部の地震 北緯35.18467° 東経132.58667°，深さ12.13km，M6.1．
⑧ 2018年6月18日 大阪府北部地震 北緯34.84433° 東経135.62167°，深さ12.98km，M6.1．
である．

３．西南日本における大規模浅発地震の連鎖

以上の地震について，その位置に注目してみると，①～④，⑤～⑧は，それぞれ震央が西から東へと移り変

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

わる一連の位置の変化が認められる．

その中で，① 沖縄トラフ北西縁の地震と② 2016年熊本地震との関係をみると，①の地震群の，発生個数・規模の両方が急激に減衰して空白が生じた直後に，その北東側に② 2016年熊本地震が発生しており，両者には密接な関係があるものということができる．

③ 朝鮮半島南東部の地震は，⑤の地震も含め，深部から浅部へと余震域が移動するとともに，横方向にも位置を変えている（Fig.1）．このような震源域の面的な広がりを持たない線状の移動軌跡は，地震の発生に流体が関与している可能性が高いことを示唆している．

④ 鳥取県中部地震では，低周波地震が前震や余震の地震群の多くをなしている．また，③ 朝鮮半島南東部の地震と同様，震源は，深部から浅部へ位置を変えている．このような一連の鳥取県中部地震は，活発な熱流体の活動によってもたらされたと考えられる．このことから，同様な震源の位置変化の特徴を持ち，長いスパンでの一定の範囲内で活動をおこなっている朝鮮半島南東部の地震も，同様な要因でもたらされていると考えることができる．

従って，このような個々に熱流体によってもたらされたと考えられる地震群を含む西から東への震央位置の変化を示す①～④と⑤～⑧の一連の地震群は，西から東への熱エネルギーの移送（Tsunoda　et al., 2013）によってもたらされた可能性を示している．

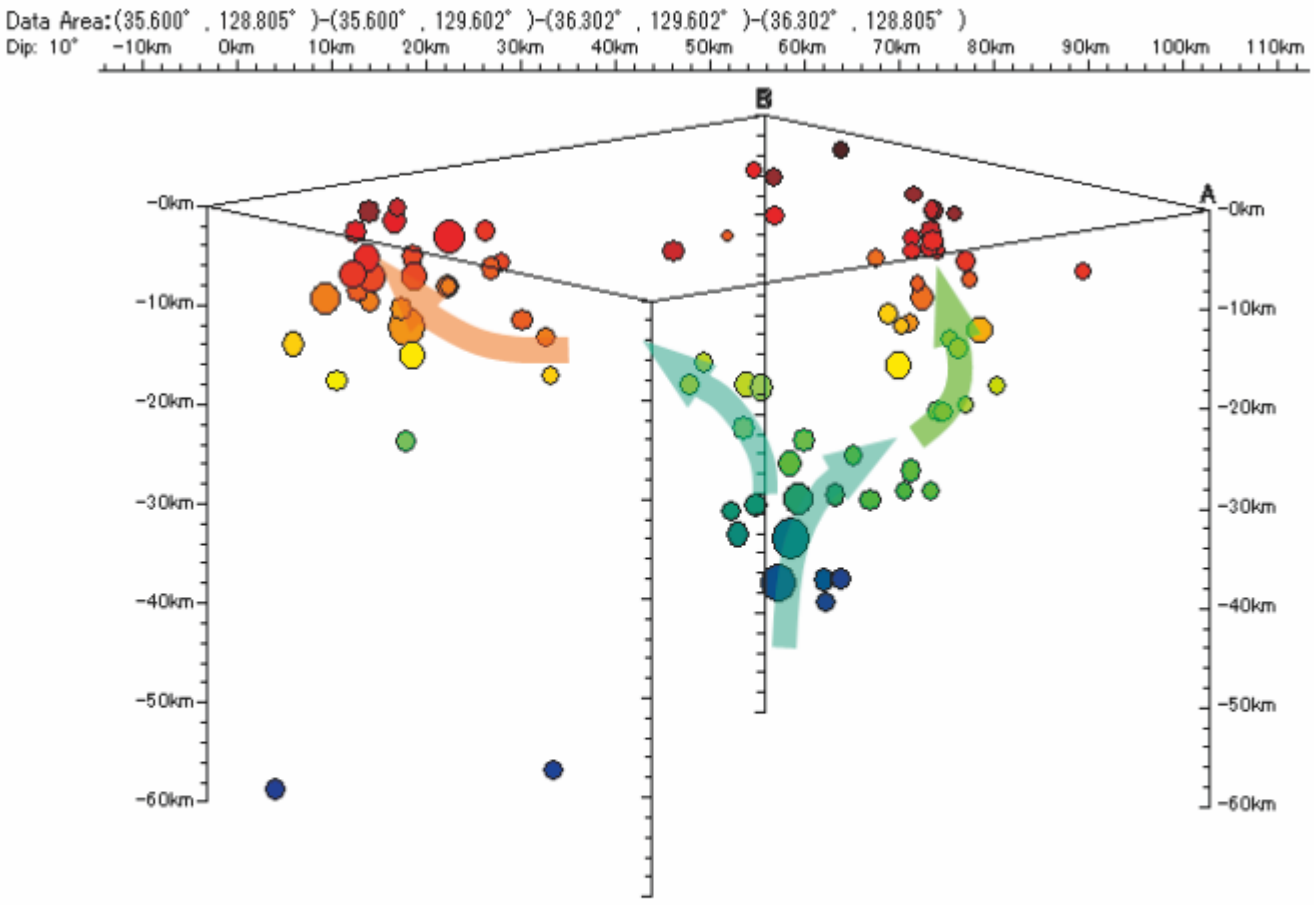
文　献

気象庁, 2016, 平成28年（2016年）熊本地震．災害時自然現象報告書 2016年第1号，230p., 気象庁.

Tsunoda, F., Choi, D.R. and Kawabe, T., 2013. Thermal energy transmigration and fluctuation. NCGT Journal, v.1, p.65-80.

キーワード：地震活動の時系列解析、深部熱流体、日本列島南西部
Keywords: time series analyses of seismic activities, deep fluid heat flow, southwestern Japanese Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Current: (84/84) 2018/02/18 03:34:27.06 M3.0
断面線: N41.0° E
2016/09/11 00:00:00 - 2018/03/01 00:00:00.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

Integrated monitoring of seismicity in and around the Suruga Bay using Ocean Bottom Seismometers and inland stations.

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4]
*Yannis Panayotopoulos[1], Hisatoshi Baba[2], Takahito Nishimiya[3], Taiyo Sotani[4], Nakao Nagisa[4]

1. 地震予知総合研究振興会、2. 東海大学海洋学部海洋地球科学、3. 気象庁気象研究所、4. 東海大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 4. Tokai University

伊豆半島の西側,駿河湾の中央部を南北にのびる駿河トラフは東海地震の想定震源域とされている（例：石橋、1981）．さらに,この地域の北方に分布する富士川河口断層帯はフィリピン海プレートと日本弧付加体の陸上境界と考えられている（例：山崎、1992）．

2009年8月「静岡沖の地震（M6.5）」と2011年8月「駿河湾南西部の地震（M6.2）」の発生を契機に，東海大と気象研（MRI）は駿河湾石花海（せのうみ）周辺海域で，自己浮上型海底地震計（OBS）を用いた海底地震観測を開始した（例えば，馬塲ほか，2015）． さらに2018年からは東海大と気象研（MRI）の観測点4点に地震予知総合研究振興会（ADEP）2点を追加し，駿河湾内で発生する詳細な地震活動に関する調査を継続中である．

本研究では,上述の2009年と2011年に発生した地震の余震活動と思われる駿河湾内に発生している群発地震活動について，OBS観測網と陸上基盤観測網のデータを併合処理した結果について報告する．

キーワード：駿河湾、群発地震、地震活動
Keywords: Suruga bay, Earthquake cluster, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東海地域スラブ内地震の線状配列

Linear distribution of the intraslab earthquakes in Tokai

*鈴木 貞臣[1]
*Sadaomi Suzuki[1]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東海地域のスラブ内地震については既にMiyoshi and Obara (2010) によって詳しく調べられているが、その後、気象庁による震源データが増えてきたことや、Suzuki et al.(2018)によってそれらの精度良い震源とスラブ構造との関係が調べられたので、今回はそれらの特性の一つである線状配列に注目し調べた．

Figure 1は東海地域で発生した深さ60 km より浅い地震の震源分布である．震源の深さが30kmから50kmの間の地震（黄色-緑色-青色の小子丸）がスラブ内地震と思われる．これらの地震の分布は均一ではなく、図中の破線楕円で示されているように、幾つかの線状または帯状配列がみられる．（ここでは呼名を「線状配列」に統一する）．　線状配列Aとdは東海地域のスラブ内地震の中心をなし、北西-南東に配列している．また、それらの東側に小さな配列eとfがある．　一方、線状配列Bは伊勢湾名古屋港付近から北北東に伸びて、Aと水平面で約70°の角をなしている．さらにその西側に小さな配列cがある．（配列Bとcは三好・小原(2010)が指摘しているものと同じであるかも知れない）．配列の方位差が70°ある２つの線状配列AとBに属する地震のメカニズム解を調べた．配列Aに属する１２個の地震（Group Aと呼ぶ）と配列Bに属する１４８個の地震（Group B）のメカニズム解を比較した．気象庁のデータより得られたそれぞれのGroupごとのＰ軸とＴ軸の方位(azumuth)を調べ、それぞれの平均値をFigure 1に赤矢印（P軸）と青矢印（T軸）で示した．すなわち、Group Aでは、P軸の平均値= 171°と350°、T軸の平均値= 91°と256°であり、Group Bでは、P軸の平均値= 172°と358°、T軸の平均値= 82°と254°であった．その結果、Group AとBとの間に大きな違いがないことが分かった．このことは、Group AとBとの間に起震力の違いがほとんどないことを意味している．つまり線状配列AとBの向き（方位）が違っているのに、地震発生の力学的な違いがないということである．したがって線状配列ができる原因を、その周辺に働く広域応力に帰することはできず、他の原因を考える必要がある．

Figure 2に、東海地域を北北西-南南東に横切る断面に投影したスラブ内地震（黒四角）と深部低周波地震（赤丸）の震源分布とS波トモグラフィ（Nakajima and Hasegawa, 2016)を示した．この図によると、スラブ内地震は海洋性地殻内ではなく、海洋性マントル最上部のS波低速度層に分布していることが分かる．海洋性地殻を中心に分布しているS波低速度層は、海洋性地殻の岩石のP-T pathから推定される脱水反応（例えばAbers et al., 2013）による高間隙水圧層に対応していると推定される．この高間隙水圧によってマントル最上部のスラブ内地震が発生しているとすると、それが線状配列しているということは、高圧な間隙水が海洋性地殻から海洋性マントル最上部に浸み込む際、面的に一様でなく、線状に浸み込んでいるものと考えられる．想像に過ぎないが、フィリッピン海プレートが東海地域の下に沈み込む以前にできていた線状破砕帯のような古傷が海洋性マントル最上部に存在していたのかも知れない．

引用文献

Abers GA, Nakajima J, van Keken PE, Kita S, Hacker BR (2013), Earth Planet Sci Lett, 369–370:178–187
Hirose F, Nakajima J, Hasegawa A (2008), J. Geophys. Res., 113:B09315. doi:10.1029/2007JB005274.
Miyoshi,T. and K. Obara (2010), Earth Planets Space, 62, 949-954.
三好崇之•小原一成(2010)、日本地球惑星科学連合2010年大会、地震活動S-SS013P14.
Nakajima, J., and A. Hasegawa (2016), Nature communications 7, Article number: 13863 (2016), doi:10.1038/ncomms13863, 2016.
Suzuki, S., Okubo, M., Imanishi, K., Takeda, N. (2018) , Geochemistry, Geophysics, Geosytems, 19,.https://doi.org/10.1029/2018GC007479

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スラブ内地震、地震の線状配列、海洋性マントル
Keywords: intraslab earthquakes , linear distribution of earthquakes , oceanic mantle

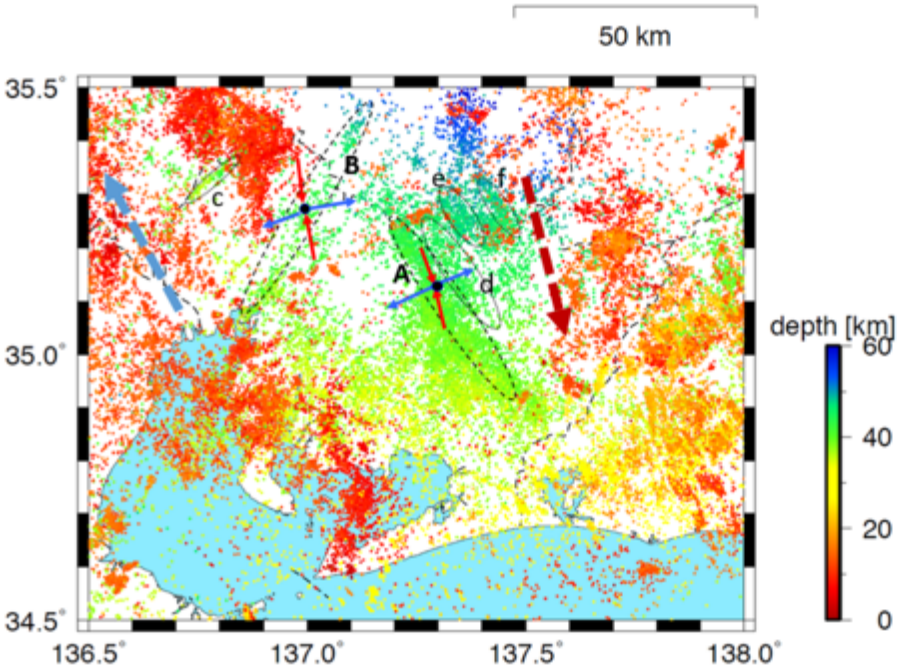


Figure 1. Epicenter map (presented by Osamu Murakami) of the earthquakes shallower than 60 km in the Tokai area occurring from June 2002 to April 2018 (JMA data). Elongated ellipses by broken lines show linear distributions of the intraslab earthquakes. Red and blue allows indicate P-axes and T-axes, respectively. A brown and blue broken lines show the ridge and valley of the slab shape (Hirose et al., 2008), respectively

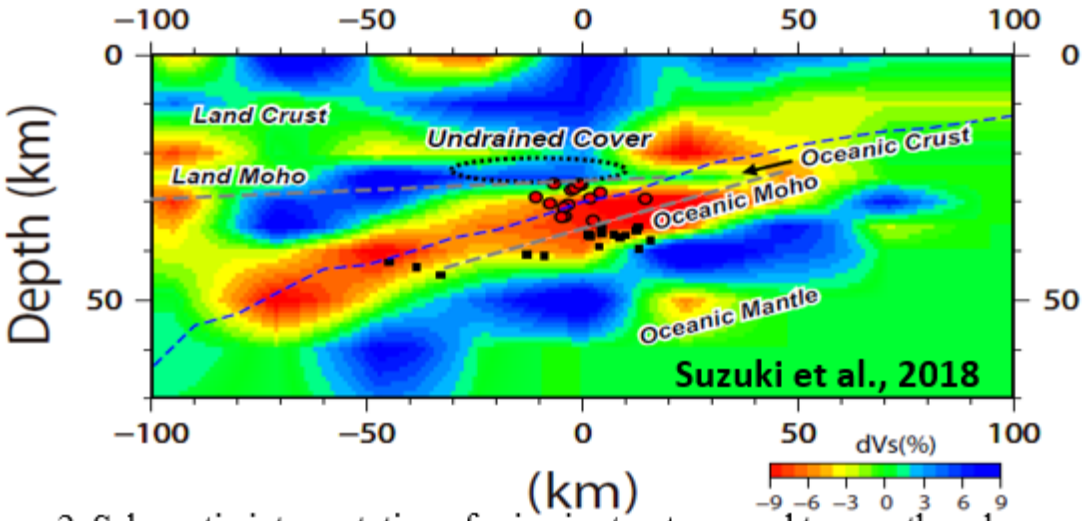


Figure 2. Schematic interpretation of seismic structures and two earthquake groups consisiting of LFEs (red circles) and intraslab earthquakes (black squares) referred from Suzuki et al., 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について
The stress change of Chubu region before and after the 2011 Tohoku-oki Earthquake(Mw9.0)

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1]
*Yuki Susukida[1], Kei Katsumata[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

Great subduction-zone earthquakes occur frequently off coast of the Pacific Ocean in Japan. And the Chubu region (central part of Honshu, Japan) has risk not only subduction-zone earthquake but also inland earthquake. In 1891, Nobi earthquake (M8.0) occurred at Neodani fault system in Chubu region, which is the largest inland earthquake in Japan. (Milne 1893) Furthermore, after Tohoku-oki earthquake, seismicity of northern part of Neodani fault system was activated. (Toda et al, 2011) In this study, I examined effect of Tohoku-oki earthquake on seismicity around the Neodani fault system by inferring of stress change before and after Tohoku-oki earthquake.

At first, I demonstrated the stress field inversion method (Hardebeck & Michael, 2006) by synthetic data to check the performance of this inversion method. As a result, I found that the inversion method will analyze real data well.

Next, I conduct stress field inversion for the joint observation data by eight Universities in Japan and NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience in Japan) in the Chubu region between 2009 and 2013. As a result, I found the stress field in Neodani fault system didn’t change significantly before and after Tohoku-oki earthquake.

キーワード：東北地方太平洋沖地震、内陸地震、根尾谷断層系、応力場インバージョン
Keywords: Tohoku-oki Earthquake, Inland Earthquake, Neodani fault system, stress field inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動
Repeating earthquake activity off Miyagi Prefecture triggered by the 2011 Tohoku-oki earthquake

*津村 建四朗[1]
*Kenshiro Tsumura[1]

1.（公財）地震予知総合研究振興会
1. Association for Developement of Earthquake Prediction

2011年の東北沖地震によって誘発された宮城県沖の著しい繰り返し地震活動について詳しく解析した。 繰り返しの地震の震源は、38°38'N、141°54'Eを中心とした直径約1kmの非常に小さなは範囲の、深さ46～49kmに集中している。繰り返し間隔は、最期には約20日であったが、その後徐々に長くなり、2018年には約100日となった。 地震のマグニチュードは、初期の4.0前後から徐々に小さくなり、2018年には3.4前後となった。この活動について、その繰り返しの規則性に基づいて、中期的な予測が試みたところ、一定の期間については良い結果が得られた。

キーワード：繰り返し地震、東北地方太平洋沖地震、中期的地震予知
Keywords: repeating earthquakes, 2011 Tohoku-oki earthquake, mid-term erathquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

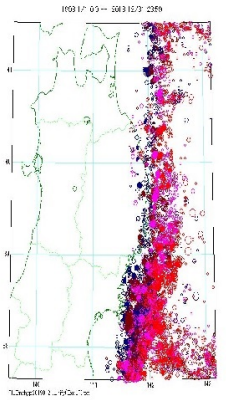


図１．震央分布図

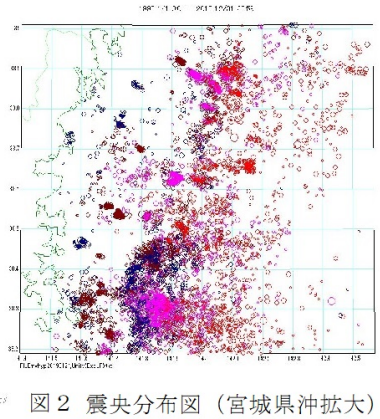


図２ 震央分布図（宮城県沖拡大）

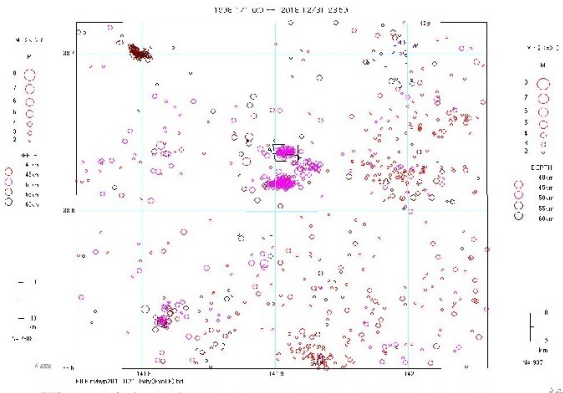


図３．震央分布図（解析対象の付近を拡大）

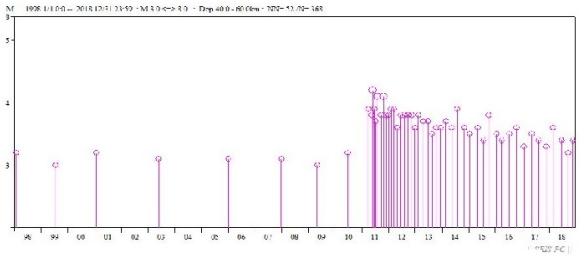


図５． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図

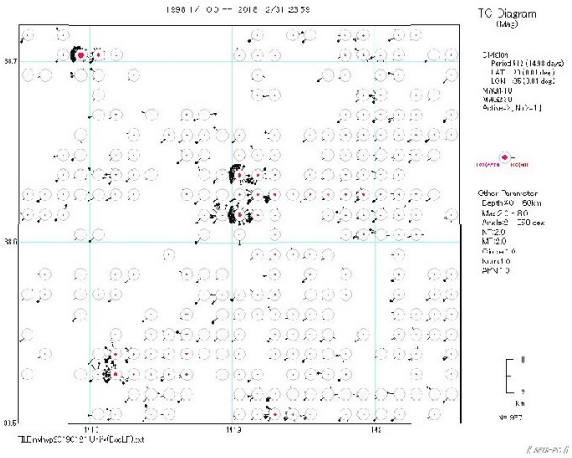


図４ 図3に対応する時間円表示図（TC-M図）

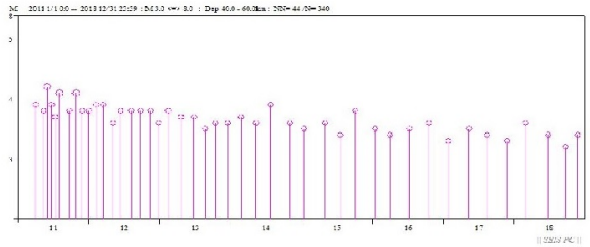


図６． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図（2011年以降を拡大）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

Seismic Moments of Inland Small Earthquakes in Japan: Spectral Analyses Using the Hi-net

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1]
*Tomotake Ueno[1], Tatsuhiko Saito[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震モーメントとモーメントマグニチュードは断層面の大きさとすべり量に関係する物理量であり，地震の規模を示す最も重要な要素の一つである。防災科学技術研究所では，大地震が発生すると，広帯域地震観測網（F-net）や強震観測網（KiK-net/K-NET）の地震記録を用いて，地震モーメントを含む様々な震源要素を計算し，その結果を公開している。一方で，規模の小さな地震に関しては，観測点間隔の広いF-netや，地震計の感度が低いKiK-net/K-NETでは，地震規模の推定が困難である。そのため，おおよそ気象庁マグニチュードM3.5未満の地震については高感度地震観測網（Hi-net）の最大振幅値からの地震マグニチュードのみを推定している。Hi-netは高感度地震計を利用しているために強い震動を励起する地震の地震モーメントを推定することは難しい。しかしながら，地震波の振幅値が小さい小地震については地震モーメントの推定が可能である。そこで，本研究ではHi-net地震記録の最大振幅から推定されている地震マグニチュードが3から4である地震に対して，地震モーメントとモーメントマグニチュードを推定した。

使用したデータは，2013年から2017年の5年間に陸域で発生した深さ20 km以浅の地震とした。ある地震に対して，震央距離が100 km以内の観測点を選び，計器特性を補正したS波記録に対して，到達時の1秒前から10秒間の波形を切り出して，変位スペクトルを計算した。さらに，サイト増幅特性と距離減衰およびS波の減衰を補正し，地震波の平均的な放射特性と媒質のS波速度と密度を仮定して震源スペクトルを推定した。そして，ω^2モデルを仮定して，周波数無限小の振幅値である地震モーメントを推定した。ω^2モデルの推定には，0.1 Hから20 Hzまでのスペクトル振幅に対し，シグナルノイズ比が20倍以上あるデータを用いた。

2017年に防災科学技術研究所のHi-netで検知されたM3-4の陸域の地震は455イベントあり，そのうち90%以上の地震について地震モーメントを推定することができた。2016年を除く他の年についても同様に90%以上の割合で地震モーメントを推定できた。2016年については，熊本地震が発生したために，1分以内に連続して発生した地震（余震）が頻発したため，全体で1730イベントが検知されたが，地震モーメントの推定割合は全体の70%程度となった。5年間のM3.5以上の地震について，F-netのモーメントテンソルインバージョンから求めた地震モーメントと本研究で求めた震源スペクトルによる地震モーメントをモーメントマグニチュードにして比較した結果，Hi-net記録から推定したモーメントマグニチュードは系統的におおよそ0.1程度F-netから推定したモーメントマグニチュードより小さく，また，ばらつきはおよそ0.1程度であった．一方で，Hi-netの最大振幅からもとめた振幅マグニチュードは，F-netのモーメントマグニチュードに比べ系統的に0．06程度大きく，ばらつきの程度は0.2となった。

キーワード：地震モーメント、高感度地震観測網、小地震
Keywords: seismic moment, Hi-net, small earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化
Spatiotemporal variations of stress field in the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) area

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3]
*Dapeng Zhao[1], Zhiteng Yu[2], Jiabiao Li[2], Zhouchuan Huang[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 中国海洋局第二海洋研究所、3. 南京大学地球科学系
1. Department of Geophysics, Tohoku University, 2. State Oceanic Administration, 3. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

Focal mechanism solutions of 349 local crustal earthquakes and stress tensors in central-north Kyushu are determined using a large number of P-wave polarity data and a 3-D velocity model. The obtained tensional ($\sigma 3$) axis trends NNW-SSE or N-S horizontally, and the compressive ($\sigma 1$) axis trends WSW-ENE or E-W. The direction of the $\sigma 3$ axis is consistent with the spreading direction at the Okinawa Trough. The stress field in the 2016 Kumamoto earthquake area is attributed to rollback of the Philippine Sea plate and northward extension of the Okinawa Trough. The orientation of the $\sigma 3$ axis is quite stable, whereas the $\sigma 1$ and $\sigma 2$ axes are distributed in a wide range. With the 3-D velocity model, the principal stress axes can be better determined by inverting a large number of FMSs. Spatial and temporal variations of the stress field are well revealed in the Kumamoto source area. The $\sigma 3$ axis significantly rotated counterclockwise after the M 6.5 foreshock, and rotated clockwise after the M 7.3 mainshock on the Futagawa fault segment. The stress rotation suggests a small magnitude of deviatoric stress in the source area, which indicates a small friction coefficient on the seismogenic faults. In addition, a generally small value of friction (~0.4) on the faults is obtained by the stress inversions, indicating that the faults in the Kumamoto earthquake area are weak. The fault weakening may be caused by the arc magma and fluids ascending from the mantle wedge associated with the dehydration reactions of the subducting Philippine Sea slab.

キーワード：熊本地震、地殻応力、断層メカニズム
Keywords: Kumamoto earthquake, crustal stress, focal mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動
Seismicity and crustal deformation following the 2016 Kumamoto earthquakes

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Jun Izutsu[2], Yoshiaki Orihara[3], Masashi Kamogawa[4], Toshiyasu Nagao[3]

1. 静岡県立大学、2. 中部大学、3. 東海大学、4. 東京学芸大学
1. University of Shizuoka, 2. Chubu University, 3. Tokai University, 4. Tokyo Gakugei University

2016年熊本地震では、マグニチュード*M*7.3の本震と、それに先立つ*M*6クラスの前震(*M*6.5, *M*6.4)、そして多数の*M*5クラスの余震が起きた。これらの地震に関係する布田川断層、日奈久断層では今尚活動は活発である。今後の活動推移の示唆を得る目的で、熊本地震前後の地震活動と地殻変動を調査した。

この研究では、先行研究(Nanjo et al., 2016)を参考にし、グーテンベルグ・リヒター則の*b*値の時空間分布を調べた。余震の活発な期間を除いた、2017年1月から2019年1月までの地震活動に基づく*b*値の空間分布から、前震(*M*6.5, M6.4)の発生場所より南側の日奈久断層沿いで、*b*値の低い地域（130.6-130.8E, 32.5-32.6N）があることがわかった。2000年1月から熊本地震直前までの地震活動に基づく*b*値の空間分布と比較すると(Nanjo et al., 2016)、*b*値が減少した地域があり、その地域と、2017年以降の低*b*値の地域が一致する。2016年以降の*M*>5の地震の空間分布と、2017年以降の地震活動に基づく*b*値の空間分布を比較すると、低*b*値の地域では、*M*>5の地震が起きていない様に見える。

また、GEONETによる熊本地震に伴う地殻変動の先行研究を参考にしながら(例えば、檜山他, 2016)、布田川断層、日奈久断層周辺の基準点の基線変化を調査した(2013年1月から2018年末までの期間、固定局を三隅（島根県）にとる)。その結果、熊本地震の発生した2016年4月にステップ状の変化があり、その後に余効変動が継続している。2017年以降の低*b*値の地域に含まれる基準点「泉」（130.79E , 32.58N）でも同様で、変動が終わりつつあるが未だ継続している様である。従って、地震活動は今後も継続すると考えられる。

日奈久断層沿いに現在*b*値の低い地域があり、唯一そこは熊本地震の発生前と比べて*b*値が減少した地域である。Nanjo et al. (2016)によれば、熊本地震の前震、本震、余震のうちで*M*5以上の地震の多くが、低*b*値の地域で起きていることが分かっている。仮に、熊本地域に関して、*b*値を、将来比較的大きい地震の発生場所を推定する指標とみなすならば、現在の低*b*値の地域は、*M*>5の地震が未だ起きていない空白域の可能性がある。

キーワード：2016年熊本地震、b値、地殻変動
Keywords: 2016 Kumamoto earthquakes, b value, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること
The unique characters of intensity distribution of the 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region in Hokkaido, Japan

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2]
*Ritsuko S. Matsu'ura[1], Hiroto Tanaka[2], Mitsuko Furumura[1], Tsutomu Takahama[2]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2. 株式会社 構造計画研究所
1. Earthquake Research Center, Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Kozo Keikaku Engineering Inc.

2018年9月16日に発生したMw6.6(M_{JMA}6.7)の胆振東部の地震は、深さ35km(F-net CMT解．JMAは深さ37km）で太平洋スラブ内の地震ではないにも関わらず、日高山脈の西側の石狩低地で大きい震度が観測されるとともに、岩手や北海道東部方面には、スラブを伝播したことを示す太平洋岸沿いに広がる異常震域も見られた。この地震で観測された震度と、我々が提案している、表層地盤の影響と震源の物理的なタイプを考慮した地表の計測震度の距離減衰式[Matsu'ura et al. (2018)]とを比較した。その結果、石狩低地等震源の西側で震源距離が100km程度以下の地域では、スラブ内地震と類似する、高い短周期レベル＝高い応力降下量の特徴を示す一方、日高山脈の東側の北海道東部や本州の青森東部、岩手などの太平洋沿岸の観測点では、プレート間地震と同程度で、スラブ内地震よりは弱い異常震域を示していた(図）。

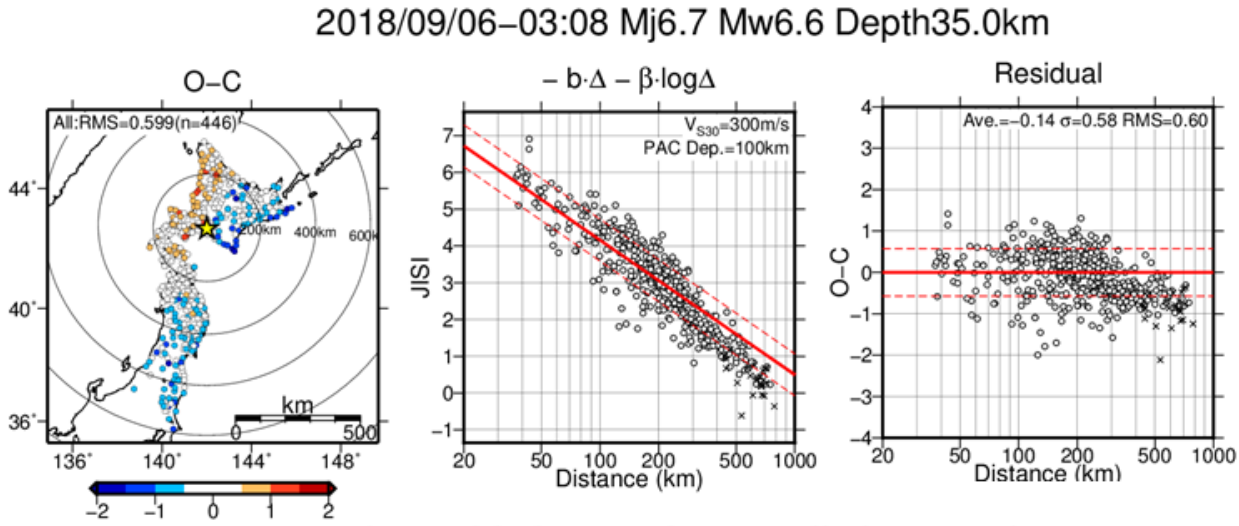
この地震が日高山脈西側にある脆性破壊可能な陸側の浅いマントル内で発生したと考えると、上記特徴を以下のようによく説明できる。やや深い地震で応力降下量が高く、直達波が卓越する石狩低地側で、通常の浅い地殻内地震より広範に大きい震度が観測された。スラブを通じて太平洋沿岸域に生じる異常震域は、スラブ直上に震源があるプレート間地震と同程度に、効率良く高周波が震源からスラブに伝播したことを示しており、震源からスラブまでの物性の不均一度は地殻より格段に低いと推定される。

表層地盤の影響を上手に取り除けて、物理的な震源タイプを考慮した距離減衰式は、震度分布から震源過程を推定する良い手段となる。また、この地震のような深さでの高い短周期レベルは、日高山脈西側のような脆性破壊可能な陸側マントルが存在する領域でだけ考慮すれば良いことになり、下部地殻の脆性破壊リスクを全国一律に考える必要は無い。

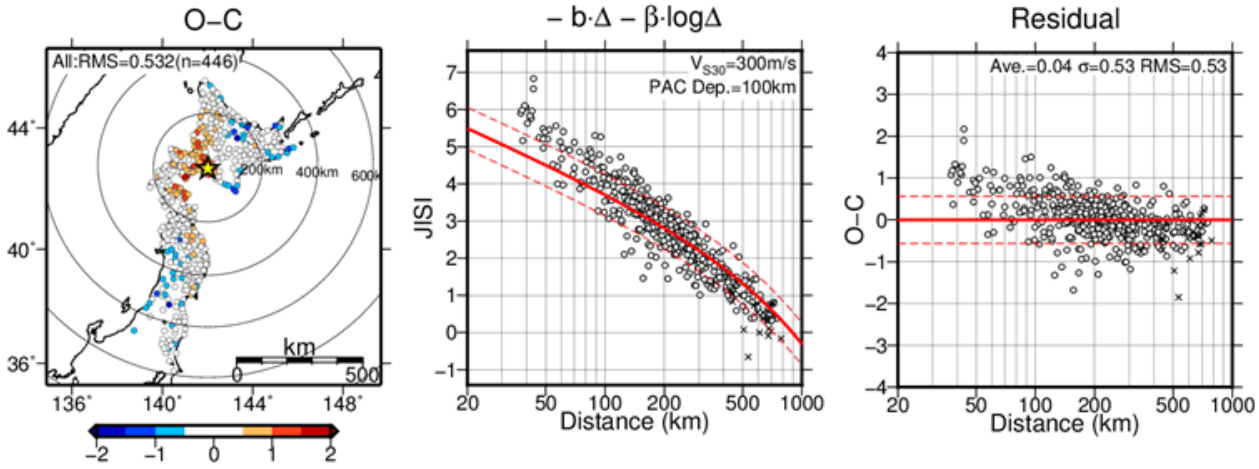
本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：計測震度の距離減衰式、2018年9月6日胆振東部の地震、最上部マントル内の地震
Keywords: Prediction Equation of Japanese Instrumental Intensity, 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region, earthquake in the uppermost mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



comparison with the PAC intra prediction equation



comparison with the PAC inter prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method

*Ade Surya Putra[1], Nanang Tyasbudi Puspito[2], Andri Dian Nugraha[2], Pepen Supendi[3,1]

1. Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 3. Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia

Sumani and Sianok segments are two of the many fault segments in Sumatra Fault Zone (SFZ) that have a considerable history of seismicity and cause significant impacts. An important effort to overcome this problem is the need to analyze tectonic structures in detail through one of them by elaborating an accurate hypocenter location. In this study, we conducted hypocenter determination by using a non-linear approach with the oct-tree importance sampling method through NonLinLoc software by using local velocity components for earthquakes in Sumani and Sianok Segments in the range of 2009-2017. The results of hypocenter determination in this study indicate an improvement in picking arrival time of P and S wave. The increment is denoted by the results of residual picking P and S wave arrival times using oct-tree sampling method that dominant at frequency of 0.1 seconds and there is a correlation between hypocenter location cluster in this study with a location of major earthquakes that have occurred in Sumani and Sianok Segments.

Keywords: Hypocenter, Oct-tree importance sampling, Fault segment, Sumatra Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result

*Faiz Muttaqy[1], Andri Dian Nugraha[2], Nanang Tyasbudi Puspito[2]

1. Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung,
2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung

Central and East Java are part of Sunda Arc which has relatively high seismicity and complex geological system as a result of Indo-Australian plate that subducted under the Eurasian plate. The early stage of seismic tomography study in order to obtain a reliable geometry about the velocity structure beneath the study area is to define the precise earthquake location and 1D seismic velocity model. In this study, we manually picked P- and S-wave arrival time recorded by BMKG network for the time period from January 2009 to September 2017. We determined the hypocenter location around Central and East Java region by using an NLLoc program. We also conducted a velocity inversion using the VELEST program to obtain an updated 1D velocity model in the study area. Afterward, the hypocenters were relocated using the double-difference algorithm and the updated 1D velocity model to improve the accuracy of the hypocenter locations. Our results indicate that the seismicity around Central and East Java is generally distributed in the southern part of the island, such as in the south of Kebumen, Yogyakarta, Pacitan, Malang, and Banyuwangi that associated with the subduction activity. Moreover, the shallow seismicity is probably controlled by the presence of active inland faults, such as Opak Fault and Kendeng Thrust. As further studies, we will determine the focal mechanism of selected events related to the active inland fault in this region and conduct 3D seismic tomography imaging beneath Central and East Java region.

Keywords: Central Java, East Java, Hypocenter Relocation, 1D Velocity Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia

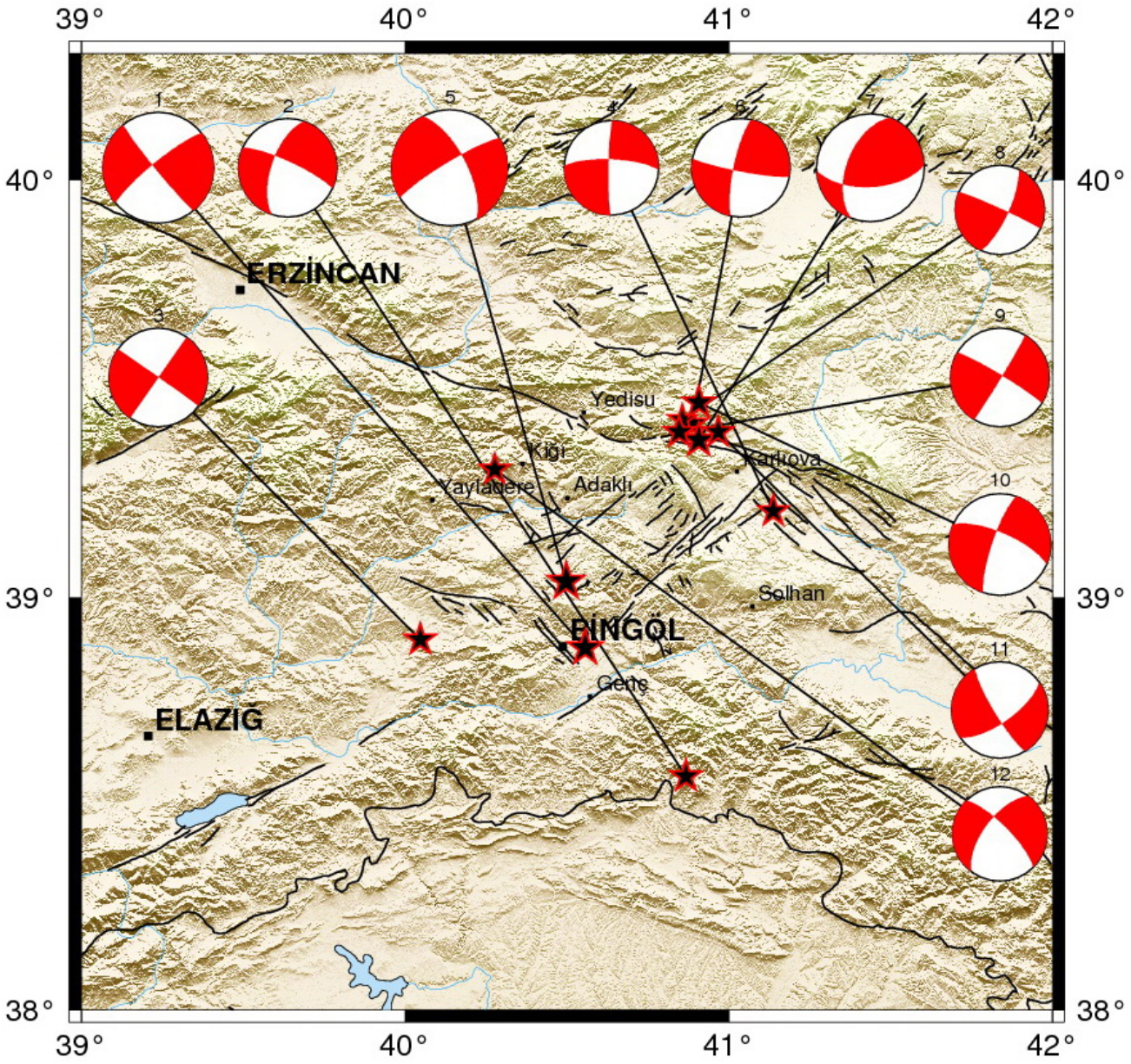
*Dogan Kalafat[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

In this study, Bingöl Earthquakes which have occurred in recent years have been evaluated from seismological point of view. The Eastern Anatolia Region is the most seismologically deformed area of the Anatolian plate and is under compression due to the relative movement of the Arabian and Eurasian plates in general. The Anatolian plate bounded by the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Eastern Anatolian Fault Zones (EAFZ) moves relatively westward. Bingöl Earthquakes are located within the Eastern Anatolian Fault Zone and this fault zone occurs due to the movement of the parts. Bingöl and the surrounding area is the most active regions in Turkey in terms of seismicity. The most important earthquakes in Bingöl during the instrumental period were the 1971 and 2003 earthquakes. Bingöl Fault starts from the south of Bingöl and extends along the Göynuk stream valley. This fault length is about 75 km. which is northern part of the Eastern Anatolian Fault Zone and joins the North Anatolian Fault Zone after passing through the villages of Serpmekaya and Sakaören. During the 1971 Bingöl Earthquake, about 38 km surface rupture occured which it started from Ormanardi to the southeast of Bingöl and extends to the N45ºE degree in the southwestern direction of Goynuk. The observed faults showed a strike-slip and a left lateral movement and the fault plane solutions supported the field observations.
The other important earthquake occurred on May 1, 2003. In this earthquake, 176 citizens were killed and 521 citizens were injured in various places. In particular, public buildings were severely damaged. The episantr area is between the Balikcay village plateau, Hanocayiri-Kurtulus and Sudugunu Plateau. Stepped fractures with NW-SE trending N20-30ºW trending were observed in Hanocayiri, which is one of the closest settlements of earthquake. As a result of earthquake, a great deal of collapses and mud currents were formed due to the effect of groundwater pressure. The fault traces in the region continued on the slopes of the NW-SE trending Kade mountains. Liquefaction, sitting, collapse and faulting samples were seen together in Hanocayiri hamlet. The earthquake caused severe damage, destruction and death in the buildings located on the alluvial terrace of Göynuk Creek in Bingöl province. During the earthquake, the Celtiksuyu Boarding School of Bingöl province was completely destroyed and 84 students died under the rubble. In addition, many public buildings were damaged. The macroseismic epicenter of the earthquake is approximately 12 km. distance between the district of Elcagini-Elmacayiri and Sudugunu plateaus. The area is mountainous and there are no frequent settlements. The nearest settlements are Balikcay, Hanocayiri Village, Elmacayiri village and Kurtulus village. It was observed that the epicenter of Bingöl Earthquake was highly compatible with the NW-SE trending faults. The fault of N-NW, which passes between Kurtulus-Elmacayiri-Hanocayiri and towards the Balikcay-Cimenli villages, was defined as the fault which was broken by the 2003 Bingöl Earthquake. In this study, 12 earthquakes fault plane solutions have given (magnitude Mw> 5.0) between 1971-2015 time period in Bingöl. The fault plane solution of 6 earthquakes was conducted within the scope of the study. The stress analysis shows that the dominant stress axes in the region are dominated by NW-SE directional compression and strike-slip faulting which are characterized by NE-SW extension axes.
The recent earthquakes showed that the ongoing deformation in the region continued with the strike-slip fault systems as the dominant. Structural heavy damages caused by earthquakes were mostly due to poor soil conditions, improper production, low quality and missing materials.

Keywords: Bingöl, East Anatolia, Göynük Stream, Fault Plane, Strike-Slip faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4]
*Yojiro Yamamoto[1], Narumi Takahashi[2,1], Dogan Kalafat[3], Ali Pinar[3], Remzi Polat[3], Zeynep Coskun[3], Haluk Ozener[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 防災科学技術研究所、3. ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. NIED, 3. KOERI, Bogaziti University, 4. Kagawa University

The North Anatolian Fault (NAF) beneath the Marmara Sea is recognized as a seismic gap for M >7 earthquake during more than 100 years. Earthquake hazard and disaster mitigation studies in Marmara region are sensitive to detailed information on fault geometry and its coupling status beneath the Marmara Sea. Although hypocenter distribution could help us to estimate them, it is difficult to obtain precise hypocenter location from only onshore permanent seismic stations. Thus, we have started a series of long-term ocean bottom seismographic (OBS) observations beneath the western and central Marmara Sea since 2014. We have installed 10~15 OBSs along the Main Marmara Fault(MMF) for each observation phases, and observation length is about 10 or 11 months. Based on the first phase observation, conducted from 2014 to 2015, Yamamoto et al. (2017) identified a segment boundary of the MMF beneath the central basin of the Marmara Sea (28.05˚E). Besides, they proposed that the zones of no seismicity within the upper crust appear to indicate locked sections of the MMF.
In this study, we analyze the second (from 2015 to 2016) and third phases (from 2016 to 2017) observation data. The OBS distribution of second phase is same as first phase,whereas that of third phase is about 20 km shifted to eastward relative to first and second phases. The tentative result shows that the feature of hypocenter distribution, including the location of no seismicity zones obtained by Yamamoto et al. (2017), is not changed for all phases, suggesting that the coupling status along the fault is almost same during at least three years. In the west of 28.05˚E, seismicity located not only the upper but also lower crust. On the other hand, the lower limit of the seismogenic zone in the east of 28.05˚E is about 15 km, shallower than the Conrad discontinuity. The largest no seismicity zone extended over the upper crust is located between 28.45˚E and 28.65˚E, where strong coupling is suggested from seafloor geodetic observation (Sakic et al., 2016).
According to the spatial relationship between the epicenter of microearthquakes and fault trace on the sea floor (Armijo et al., 2005) suggests that the MMF around 28.75˚E is near vertical to slightly northward dipping. Since previous study indicates that the east of 28.05˚E MMF is southward dipping (Yamamoto et al., 2017), there might be another segment boundary west of 28.75˚E. We also find an active seismic cluster around 40.8˚N, 28.7˚E, 14 km depth. There is a possibility that this cluster relates to the southern branch of NAF.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、地震活動
Keywords: The North Anatolian Fault, Marmara Sea, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey

*Dogan Kalafat[1], Yavuz Gunes[1], Mehmet Kara[1], Kivanc Kekovali[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

Western Turkey is one of the seismically active region in Turkey. The high seismic activity is a result of the complex tectonic deformation of the Anatolian plate which has been dominated by the N–S extensional tectonic regime in the western edge. In western Turkey, relatively 3 major earthquakes (Mw≧6.0) were identified on the Sultandagi Fault Zone (Afyon-Aksehir Graben) between years of 2000–2002. In this study, mentioned local earthquake activity, have been investigated to understand their nature and relation of the regional seismic activity and tectonic deformation on the Sultandagi Fault Zone (SFZ) in western Turkey. Due to these activities along the SFZ it is decided to monitor microseismic activity (M<2.5) by establishing low-magnitude threshold seismic network. For this purpose, 3 new broadband (BB) seismic stations were temporarily established to control the northern part of the Sultandagi Fault Zone, and the micro-seismicity of the fault zone was started to be observed in July 2017. Thus, the earthquake activity in the region started to be monitored sensitively. So we started to get 2 times more earthquakes than permanent stations in the region. The one of the biggest primary outcome by this study that there is a significant microseismic activity (M<2.5) at the SFZ which was not seen from prior studies and long-term seismicity catalogues from permanent network (M>2.5). At first, we started to analyze the distribution of micro-earthquakes in the region. During the data analysis, it was predicted that some intensive micro-earthquake activity in the project area could be caused by quary-blasting and some locations were visited during the field study. Relocation of common earthquakes recorded by KOERI and the study was carried out, and the earthquake epicenters were displaced approximately as ±0.8–6 km. There were also some positive changes in the depth distribution of earthquakes. Consequently, thanks to the stations established within the scope of the study, horizontal (distance) and vertical error (depth) margins of the events in the region have been reduced. As a result of the evaluation of the data obtained, it was observed that the Sultandagi Fault Zone has especially intense seismic activity in the middle and northwest part. In addition, a significant seismic activity was observed in NW-SE direction at the north of Isparta city .
This research is funded by Bogazici University Research Fund within the scope of Project Number 12280. We thank to Bogazici University Research Fund Commission and members.

Keywords: Sultandagi Fault Zone, Western Turkey, extensional tectonic regime, micro-seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1], Xyoli Pérez Campos[2], Krishna Shri Singh[2]

1. Kyoto University, 2. Geophysics Institute, UNAM

Radiated seismic energy is valuable parameter in seismic source studies, as it can be a good criterion to evaluate earthquakes size but also very useful to analyze the dynamics of the rupture process. Significant large thrust earthquakes have occurred over the last decades at the Mexican, subduction zone, however just a few researches have been done to understand the distribution of seismic energy release in the area. For this purpose, we calculated source spectra to estimate radiated seismic energy of three large earthquakes and their aftershocks (*M* larger than 4.0) in the Guerrero segment of the Mexican subductions zone; the 2012 Ometepec-Pinotepa Nacional (*Mw* 7.5), the 2014 Papanoa (*Mw* 7.2) and the 2018 Pinotepa Nacional (*Mw* 7.2) earthquakes. We found a mean value of the log of radiated seismic energy scaled with the seismic moment (Mo/Es) of -5.05 ±0.25, as well as, regional estimations tend to be higher than the teleseismic estimations by a factor of 1.3 to 6.3. A small dependence of scaled seismic energy with distance from the trench was seen, however distribution of seimsic energy seems to be spatially heterogeneous along the trench. We found four different regions with characteristic behaviors in energy release. One of the regions reveals recurrent low energies with possible slow rupturing close to the trench. Opposingly, high energy seismicity was present, adjacent to the Guerrero gap, which has not had a large earthquake in over 115 years. This suggests that radiated seismic energy can be highly influenced by complexities at the plate interphase, variations on the shear strength and/or coupling at the interface where seismic slip interacts over previous rupture patches.

Keywords: Radiated energy, aftershocks, subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[S-SS10] 地震活動とその物理

コンビーナ:勝俣 啓(北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

地震を集団として扱う視点から，その活動について討論する．各地域での活動の記述や個々の余震活動などの解析に加え，地震活動を支配するプロセスの理解を目指し，さまざまな時空間スケールでの相互作用についても議論する．あわせて，地震活動の境界条件となるテクトニクス・地質構造・温度構造や地震活動に付随する諸現象についての発表も歓迎する．

[SSS10-P01] 津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2.京都大学防災研究所)

[SSS10-P02] 世界の大規模地震の続発性―実事例と時空間ETASによる比較

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.愛知工業大学)

[SSS10-P03] 安定海洋プレートでの地震活動

*石原 靖[1] (1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS10-P04] 豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2] (1.気象研究所地震津波研究部、2.気象庁地震火山部)

[SSS10-P05] S-netを用いた初動読み取りと震源決定

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター)

[SSS10-P06] 房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究院、3.東京大学地震研究所、4.防災科学技術研究所、5.海洋研究開発機構、6.東北大学大学院理学研究科、7.北海道大学大学院理学研究院、8.京都大学防災研究所、9.鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10.Purdue University)

[SSS10-P07] Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6] (1.鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2.鹿児島大学大学院理工学研究科、3.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4.東京海洋大学、5.京都大学防災研究所、6.東京大学地震研究所)

[SSS10-P08] 沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2] (1.防災科学技術研究所、2.海上保安庁海洋情報部)

[SSS10-P09] 地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

*川辺 孝幸[1] (1.山形大学地域教育文化学部)

[SSS10-P10] 自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4] (1.地震予知総合研究振興会、2.東海大学海洋学部海洋地球科学、3.気象庁気象研究所、4.東海大学)

[SSS10-P11] **東海地域スラブ内地震の線状配列**

*鈴木 貞臣[1] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所)

[SSS10-P12] 東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1] (1.北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター)

[SSS10-P13] 東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動

*津村 建四朗[1] (1.（公財）地震予知総合研究振興会)

[SSS10-P14] Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1] (1.防災科学技術研究所)

[SSS10-P15] 2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3] (1.東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2.中国海洋局第二海洋研究所、3.南京大学地球科学系)

[SSS10-P16] 2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3] (1.静岡県立大学、2.中部大学、3.東海大学、4.東京学芸大学)

[SSS10-P17] 2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2] (1.公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2.株式会社 構造計画研究所)

[SSS10-P18] **Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method**

*Ade Surya Putra[1]、Nanang Tyasbudi Puspito[2]、Andri Dian Nugraha[2]、Pepen Supendi[3,1] (1.Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institute of Technology Bandung、3.Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia)

[SSS10-P19] **1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result**

*Faiz Muttaqy[1]、Andri Dian Nugraha[2]、Nanang Tyasbudi Puspito[2] (1.Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung、2.Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung)

[SSS10-P20] ***Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia***

*Dogan Kalafat[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P21] Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4] (1.海洋研究開発機構、2.防災科学技術研究所、3.ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4.香川大学)

[SSS10-P22] **Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey**

*Dogan Kalafat[1]、Yavuz Gunes[1]、Mehmet Kara[1]、Kivanc Kekovali[1] (1.Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey)

[SSS10-P23] Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1]、Xyoli Pérez Campos[2]、Krishna Shri Singh[2] (1.Kyoto University、2.Geophysics Institute, UNAM)

津波地震の前震および余震活動の時空間的特徴と波形的特徴
Spatial-temporal and seismogram characteristics of foreshock and aftershock activities for tsunami earthquakes

*劉 弋鋒[1]、伊藤 喜宏[2]、太田 和晃[2]、片上 智史[1]
*Yifeng Liu[1], Yoshihiro Ito[2], Kazuaki Ohta[2], Satoshi Katakami[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻、2. 京都大学防災研究所
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Disaster Prevention Research Institude, Kyoto University

津波地震は短周期マグニチュードに比べて大きな津波をもたらす異常な地震である。それゆえ、沿岸部に住んでいる人があまり揺れを感じず、避難行動につながりにくいため、甚大な津波被害へとつながる可能性が高い。一方津波地震の観測事例は、通常の地震に比べて、その観測事例が少ないため、その発生メカニズムについては未だ明らかではない。本研究では津波地震の発生メカニズムの解明を目的として、過去に発生した３つの津波地震（ニカラグア(1992/09/02, Mw7.7)・ジャワ島(2006/07/17, Mw7.7)・メンタワイ(2010/10/25, Mw7.8)）の前震・余震活動を調べた。さらに津波地震と同様の特徴を示すやや小規模の地震が、前震や余震活動の中に含まれていないか調べた。

はじめに、ISCやUSGSなどで公開されている地震カタログとIRISによる波形の記録を用い、前震並びに余震活動の抽出、または時空間的特徴の評価を行った。ニカラグア本震の発生前には、震央から約10km離れた西側でMb5前後の前震（1992/08/10 06:09:20 Mb 5.2, 1992/08/10 06:34:14 Mb4.7, 1992/08/11 05:23:51 Mb 5.1, 1992/08/13 08:41:17 Mb 4.7）が四つ発生した。ここでは、本震前の三年間の地震カタログ中のイベントを津波地震の震源を中心とした５度*５度の領域を１度刻みで分割し、各セグメントに含まれる地震の活動度を調べた。３つの地域ごとに分析した結果、津波地震の本震域の周辺ではいずれも静穏期が存在していることが分かった。また、ニカラグア地震の余震に関しては、前震と同じセグメントで余震の静穏期が検出された。

ニカラグア地震の本震発生前には、本震の震源域付近の前震活動にマイグレーションが観測された。マイグレーションに含まれているイベントと同領域で発生した余震の波形を、本震の波形と比較した。ここでは、各イベントに対して、表面波とS波の最大振幅の比を求めることでそれらを比較した。その結果、津波地震の本震の値は、表面波とS波の比が圧倒的に高い値を示すのに対して、前震および余震については津波地震と同様の特徴を示していない。これは本震のみが津波地震的な特徴を示す断層運動であるに対し、津波震源域内で発生する小規模な地震は通常の地震と同様の破壊現象であることを示唆する。

キーワード：津波地震、地震活動、波形処理
Keywords: tsunami earthquake, seismic activity, waveform analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

世界の大規模地震の続発性ー実事例と時空間ETASによる比較
Successively occurring large earthquakes in the world –comparison of real cases with expectations by the space-time ETAS

*橋本 徹夫[1]、横田 崇[2]
*Tetsuo Hashimoto[1], Takashi YOKOTA[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 愛知工業大学
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Reaserch Institute, 2. Aichi Institue Technology

政府の防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会において，南海トラフ地震情報が発表される事象の基準作りが行われている．具体的な防災対策の実施のため，どのような現象が対応する事象に該当するのか，その具体的な基準が検討されている．今回は，この検討に資するため，世界の大規模地震の発生について，新たに改訂されたISC-GEM version5.1のデータ(1904－2014年)を用いて解析した．さらに，時空間ETAS(Ogata and Zhaung,2006，尾形,2015)等を用いて，大規模地震発生に係る試算を行ったので，報告する．

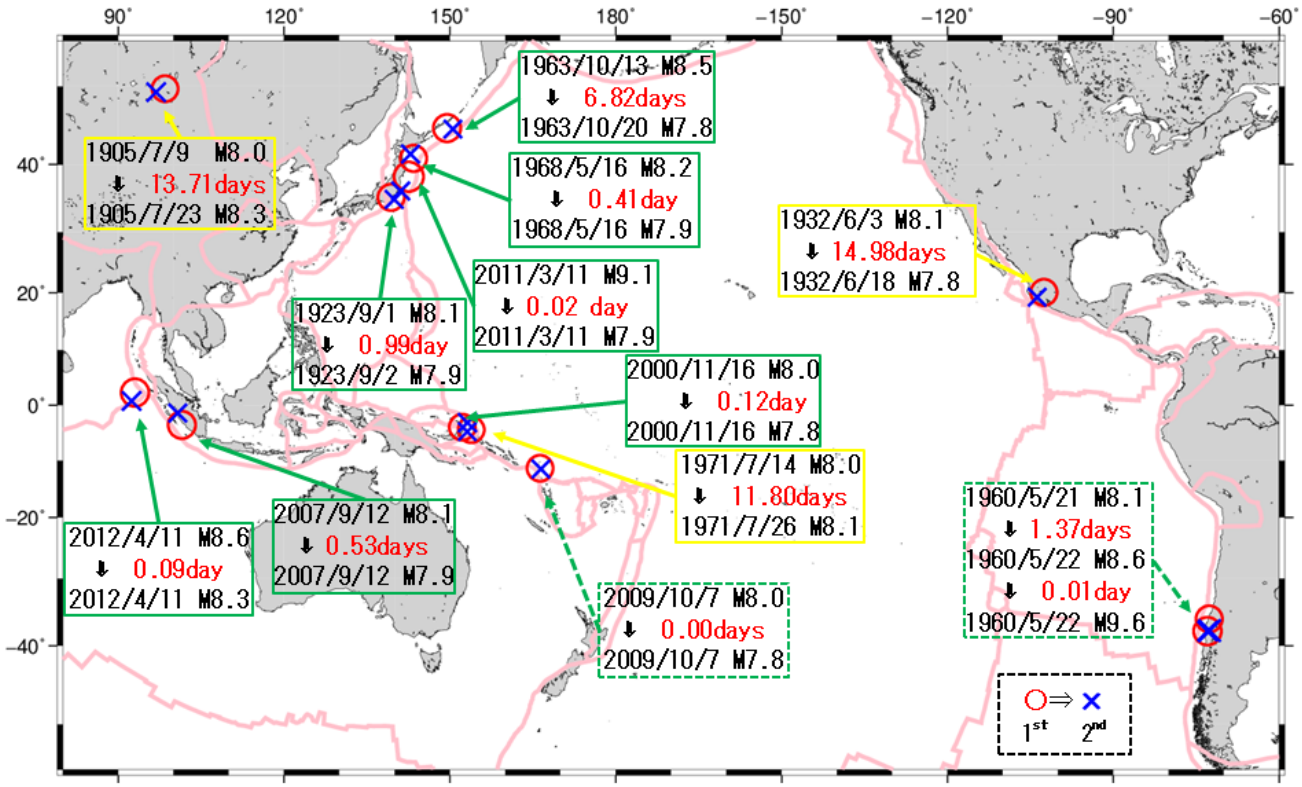
最近100年程度に発生した世界のＭｗ8.0以上の地震は，103事例抽出され，その内，3日以内，7日以内及び30日以内に，周辺500㎞以内の領域で，Ｍｗ7.8以上の地震が続発したのは，それぞれ9事例，10事例，13事例あった．このように地震発生直後に続発する事例が多く，かつ，時間が経過しても，続発が継続することも，再確認できた．

日本周辺域パラメータ(Ogata and Zhaung,2006)および，一元化データから推定したb＝0.92として，時空間ETASでMw8.0以上の世界の地震について震央距離500㎞以内にM7.8以上の地震が3日以内，7日以内及び30日以内に発生する期待値を計算し，和をとると，それぞれ5.3回，6.5回，8.0回となり，期待される発生頻度の値や先行地震からの経過時間に伴う減少傾向は，上述の実事例と概ね整合的であった．

謝辞：ISCのISCGEMver5.1を使わせていただいた．また，気象庁地震火山部地震予知情報課に多大なる協力を得た．

キーワード：南海トラフ地震、大規模地震、続発性、ETAS
Keywords: Nankai trough earthquake, Large earthquake, occurring in succession, ETAS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Epicentral distribution of pairs of the over Mw8 as 1st event(upper) and over Mw7.8 as 2nd event(lower) within 500km of the 1st. Time differences of two events are shown as red (yellow frames are over 7days). Pairs of less 50km of distance are shown as dashed frame. Plate boundaries data from Bird(2003). Map is drawn with GMT.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安定海洋プレートでの地震活動
Seismicity beneath stable oceanic plate

*石原 靖[1]
*Yasushi Ishihara[1]

1. 海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター
1. R&D Center for Earthquake and Tsunami, JAMSTEC

Stable oceanic plate has low seismic activity generally. Real tectonic deformation is also stable? To survey this topics, high quality and long-term observation. Pacific21 broadband seismic network deploys stations in Micronesia area. At present five islands station are under operation. Two of all have already telemetered to our data center via internet connection and transfer to other organization and institute.
In this year new telemeter station (station code: CHUK) is completed successfully. Chuuk (Truk) island locates on old oceanic plate about 900-1,000km southeast of Mariana trench and Guam. CHUK station locates inside deep tunnel made in more than 70 years ago, WWII era. The site condition is fine in basalt mountain, under stable temperature and on rigid floor. We deployed STS-2 broadband sensor in sensor room, high-resolution data logger and stable power supply system. CHUK station will contribute monitor and location of earthquake around Mariana trench and outer rise area.
Though CHUK station locates in small oceanic island and records strong ocean microseism, background noise level is lower level than standard model. CHUK station is excellent site to monitor including small local earthquake. CHUK station operates for about four years. We review continuous data and pick up local regional seismic events. Not only outer rise region but also Chuuk island area and hidden tectonic zone has active seismicity. By trial analysis, depth of these seismic events is beneath 20km. It implies stress concentration in oceanic plate and its deformation.

キーワード：海洋プレート、地震活動
Keywords: oceanic plate, seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

豊後水道における深部低周波地震と潮汐との相関と長期的スロースリップとの関係（その2）

Relation between long-term slow slip events and correlation between tidal triggering effect and deep low-frequency earthquakes in Bungo Channel: Part 2

*弘瀬 冬樹[1]、小林 昭夫[1]、前田 憲二[2]
*Fuyuki Hirose[1], Akio Kobayashi[1], Kenji Maeda[2]

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 気象庁地震火山部
1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Research Institute, 2. Seismology and Volcanology Department, Japan Meteorological Agency

豊後水道では，長期的スロースリップイベント（LSSE）が数年間隔で繰り返し［例えば，Kobayashi, 2017, EPS］，それに同期して深部低周波微動・地震（LFE）が活発化している［Hirose et al., 2010, Science］．微動活動は高い潮汐相関を示すことが指摘されている［Ide, 2010, Nature; Ide & Tanaka, 2014, GRL］が，LFEの潮汐相関の長期的な時間変化に着目した研究はない．

他方，通常の地震活動と潮汐との相関についても精力的に調査されており，大地震前に震源域周辺で相関が高くなり，地震発生後に低下するという報告がある［例えば，Tanaka, 2012, GRL］．さらに，高潮汐相関の先行期間はその後に発生する地震の規模と対応しているとも指摘されている［Tanaka, 2012］．

そこで本研究では，大地震の前後にみられる定常地震活動と潮汐との相関の時間変化の関係が豊後水道で発生しているLSSE前後におけるLFEと潮汐との相関の時間変化にもみられるかに着目して解析を行った．

用いたデータは，2000年1月1日～2018年3月21日に豊後水道直下で発生したLFEで，気象庁一元化震源カタログで低周波フラグが付加されたイベントとした．LFEは通常の地震に比べて震源決定精度が低い．なお，気象庁によるLFEの決定方法が2018年3月22日から切り替わり，そこを境に検知能力が変わっている．長期的な変化をみるには適さないと考え，データ期間から外した．

潮汐が地下の断層に与える影響を推定するために，断層パラメータを設定する必要がある．本解析対象は約15 km四方の狭い領域であるため，プレート形状［Hirose et al., 2008, JGR］と深部超低周波地震のMT解［Ide & Yabe, 2014, GRL］を考慮して，ひとつの断層面（走向237˚，傾斜角16˚，すべり角103˚）を仮定した．震源は一律，解析領域の中心（東経132.254˚, 北緯33.142˚，深さ32 km）で発生したと見做し，発生時間は気象庁カタログ値をそのまま用いた．

震源における理論潮汐応答は，固体地球潮汐と海洋潮汐荷重効果の両方を考慮し，潮汐指標として体積歪ΔV，仮定した断層面上のせん断応力Δτ，法線応力Δσ，及びΔCFF（見掛けの摩擦係数は0.1, 0.4, 0.7）の6成分を解析対象とした．体積歪及び法線応力については膨張・拡張を正，収縮・圧縮を負とした．せん断応力及びΔCFFについては断層すべりを促進する方向を正，抑制する方向を負とした．潮汐位相角は，各時系列についてイベント前及び後の極小値の位相を-180˚及び180˚，極小値間の極大値の位相を0˚とし，その間は等分割した位相と定義した．潮汐位相角に基づき，LFEと潮汐との相関度を*p*値［Schuster, 1897］で評価した．

解析の結果，LFEはΔτの潮汐位相角が0˚（すべりを促進）であるときに発生しやすいことが明らかとなった．これは見掛けの摩擦係数が極めて小さく，間隙水圧が極めて高いことを示唆しており，地震波速度構造から推測される流体の存在［Hirose et al., 2008］とも整合する．解析期間中に，LSSEは3回（2003-2004年，2009-2011年，2014年）発生している．*p*値の時間変化は，これらLSSE前に小さく（潮汐との相関が高く），LSSE後に大きく（潮汐との相関が小さく）なる傾向を示した．この結果は巨大地震前後にみられる背景地震の*p*値の時間変化と類似している．このことから，LFEの潮汐相関はLSSEによる応力場の擾乱と強く関連していることが示唆される．なお，2018年3月時点での*p*値は，これまでのLSSE発生前の水準まで低下している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：地球潮汐、p値、深部低周波地震、長期的スロースリップイベント、豊後水道
Keywords: Earth tide, Schuster's p value, Low frequency event, Long-term slow slip event, Bungo Channel

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netを用いた初動読み取りと震源決定
Arrival-time and hypocenter determination using S-net

*岡田 知己[1]、高木 涼太[1]、中山 貴史[1]、鈴木 秀市[1]、東 龍介[1]、豊国 源知[1]、吉田 圭佑[1]、内田 直希[1]、日野 亮太[1]
*Tomomi Okada[1], Ryota Takagi[1], Takashi NAKAYAMA[1], Syuichi Suzuki[1], Ryosuke Azuma[1], Genti Toyokuni[1], Keisuke Yoshida[1], Naoki Uchida[1], Ryota Hino[1]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Graduate School of Science, Tohoku University

Hypocenter distribution is basic information for understanding seismogenesis.

For east off Honshu from Hokkaido, Tohoku, Kanto, S-net has been deployed by NIED. S-net is expected to improve accuracy of hypocenter location. In this study, we show a preliminary result of hypocenter determination using S-net and onshore stations.

We used hypomh (Hirata and Matsu’ura (1984)) with seismic velocity structure of Hasegawa et al. (1978). In our case, we used waveform converted to vertical, north-south, east-west components by Takagi et al. (this meeting).

For the earthquake near coast line, we can determine reliable hypocenter location, which is correspond to the location determined by F-net CMT or AQUA catalog. However, large travel time residuals over 3 seconds earlier are estimated for distant stations including the stations east of trench. This would mainly be due to the high velocity Pacific plate (e.g., Toyokuni et al., this meeting). To improve the velocity structure and use station correction are necessary for further study.

Acknowledgements: We used S-net, Hi-net and stations by universities (Hokkaido, Hirosaki, Tokyo and others), Aomori and Tokyo Pref., ADEP (Association for the development of earthquake prediction) and JMA. Profs. Matsuzawa, Zhao, Umino and Hasegawa and Mr. Hirahara give us valuable suggestions.

キーワード：S-net
Keywords: S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総沖太平洋プレート内二重深発地震の発震機構：2011年東北地震後の時間変化

Focal mechanisms of the double seismic zone in the Pacific plate, off Boso: Temporal change after the 2011 Tohoku EQ

*陳 冠宇[1]、佐藤 利典[2]、佐藤 智治[1]、寺田 麻美、篠原 雅尚[3]、望月 公廣[3]、山田 知朗[3]、植平 賢司[4]、眞保 敬[5]、小平 秀一[5]、町田 祐弥[5]、日野 亮太[6]、東 龍介[6]、村井 芳夫[7]、伊藤 喜宏[8]、八木原 寛[9]、平田 賢治[4]、橋間 昭徳[3]、Andrew Freed[10]
*Guanyu Chen[1], Toshinori Sato[2], Tomoharu Sato[1], Asami Terada, Masanao Shinohara[3], Kimihiro Mochizuki[3], Tomoaki Yamada[3], Kenji Uehira[4], Takashi Shimbo[5], Shuichi Kodaira[5], Yuya Machida[5], Ryota Hino[6], Ryosuke Azuma[6], Yoshio Murai[7], Yoshihiro Ito[8], Hiroshi Yakiwara[9], Kenji Hirata[4], Akinori Hashima[3], Andrew M. Freed[10]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 東京大学地震研究所、4. 防災科学技術研究所、5. 海洋研究開発機構、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 北海道大学大学院理学研究院、8. 京都大学防災研究所、9. 鹿児島大学・南西島弧地震火山観測所、10. Purdue University
1. Faculty of Science, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Hokkaido University, 8. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 9. Nansei-toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 10. Purdue University

1.はじめに

房総沖では、太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込み、太平洋プレート内に二重深発地震面が明瞭にみられる（例えば寺田・他、JpGU2016）。佐藤・他（JpGU, 2018）は陸上観測と海底地震計観測のデータを用いて、2011年東北地震前後での二重深発地震の発震機構を調べたところ、下面の発震機構が地震前は沈み込む方向に伸長が卓越していたが、地震後3か月は圧縮になっていたことを発見した。本研究は、下面の発震機構が東北地震後、時間とともにどう変化したかについて、地震後1年間のデータを用いて議論する。

2.データと解析方法

使用データは、Hi-netの波形データと東北地震後の海底地震計を用いた余震観測（2011/3/15-2012/3/31）である。寺田・他によって再決定された地震のうち、太平洋プレート内の二重深発地震面にある地震を抜き出し、P波の押し引きを検測した。寺田・他が決定した3次元地震波速度構造から射出方向、射出角を求め、グリッドサーチで最適な発震機構を求めた。

3.結果

東北地震後1年間では、二重深発地震面上面は沈み込む方向に圧縮が卓越する地震が多くみられた。これに対し下面では、7月までは圧縮が卓越する地震がほとんどであったが、9月以降は、沈み込む方向に伸長する地震が多数となった。これは、東北地震によって太平洋プレートが浅部で下方に動いたため、この二重深発地震面がある深さでは太平洋プレート内が地震後は圧縮になったが、その後、この応力が半年ほどで緩和したことを示している。

謝辞

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

本研究では、防災科学技術研究所のHi-netの波形データを使用させて頂きました。海域観測に関して、2011年東北地方太平洋沖地震余震観測での各航海における船長と乗組員の方々の協力を頂きました。ここに記して厚く御礼申し上げます。

キーワード：二重深発地震面、発震機構の時間変化、太平洋プレート、房総沖、2011年東北地方太平洋沖地震
Keywords: Double seismic zone, temporal change of focal mechanism, the Pacific plate, off the Boso Peninsula, the 2011 Tohoku Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Ocean bottom seismographic observation and similar earthquake detection in the northern part of the Nansei Islands

*仲谷 幸浩[1]、八木原 寛[1]、平野 舟一郎[1]、小林 励司[2]、宮町 宏樹[2]、中尾 茂[2]、内田 和也[3]、松島 健[3]、清水 洋[3]、中東 和夫[4]、山下 裕亮[5]、阿部 英二[6]、山田 知朗[6]、篠原 雅尚[6]
*Yukihiro Nakatani[1], Hiroshi Yakiwara[1], Shuichiro Hirano[1], Reiji Kobayashi[2], Hiroki Miyamachi[2], Shigeru Nakao[2], Kazunari Uchida[3], Takeshi Matsushima[3], Hiroshi Shimizu[3], Kazuo Nakahigashi[4], Yusuke Yamashita[5], Hideji Abe[6], Tomoaki Yamada[6], Masanao Shinohara[6]

1. 鹿児島大学附属南西島弧地震火山観測所、2. 鹿児島大学大学院理工学研究科、3. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、4. 東京海洋大学、5. 京都大学防災研究所、6. 東京大学地震研究所
1. Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 3. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Science, Kyushu University, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 6. Earthquake Research Institute, the University of Tokyo

The Ryukyu Trench subduction zone is seismically active region. In the northern part of the Nansei Islands, both seismic and aseismic events have occurred along the subducting plate interface. Spatial distribution of small local earthquakes in this region seems to show some seismic clusters and gaps. Short-term slow slip events and shallow low-frequency tremors have been also observed by recent onshore seismic and geodetic data. However, patterns of their slip behavior and spatiotemporal relationship between regular and slow earthquakes are less well understood because seismic stations are located only at the islands that are linearly arranged; at least 100 km away from the Ryukyu Trench.
We have therefore conducted repeating long-term ocean bottom seismographic observation off the northern part of the Nansei Islands since 2014. First, we deployed three pop-up type ocean bottom seismometers (OBSs) in April 2014. Then, three more OBSs were added to the network in July 2015, and after that deployment and retrieval of OBSs at the same position have been repeatedly carried out every about one year. The station interval is about 40–60 km.
In this study, we focus on regular local earthquakes, particularly seismic clusters beneath the central part of the observation network. In order to obtain key properties of the clusters and to detect missing earthquakes, we apply a matched-filter technique to OBS continuous waveform data. As template event waveforms, we select events determined by Nansei-Toko Observatory for Earthquakes and Volcanoes, Kagoshima University. The hypocenters of the template events are relocated by merging manual pick data of P phases and S phases recorded on the OBSs with those on the onshore stations. As a preliminary result, we achieve detection of missing earthquakes using example template events and a threshold rule based on the median absolute deviation of the mean correlation coefficient. In this presentation, we further discuss the characteristics of waveform similarity of the OBS data.

Acknowledgements: This work is supported by Earthquake and Volcano Hazards Observation and Research Program, the MEXT of Japan and by ERI JURP.

キーワード：OBS observation、the Ryukyu Trench、similar earthquakes
Keywords: OBS observation, the Ryukyu Trench, similar earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

沖縄トラフの地震活動と地殻構造の特徴
Seismicity and crustal structure in the Okinawa Trough

*西澤 あずさ[1]、木村 武志[1]、金田 謙太郎[2]
*Azusa Nishizawa[1], Takeshi Kimura[1], Kentaro Kaneda[2]

1. 防災科学技術研究所、2. 海上保安庁海洋情報部
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Japan Coast Guard

沖縄トラフは，南西諸島（島弧）の背弧にあたり，フィリピン海プレートの沈み込みに起因して島弧地殻が伸張しつつある，日本列島周辺でも非常にユニークな海盆である．プレート沈み込み帯にあたる南西諸島（琉球）海溝では，観測された巨大地震数は少なく，プレート間の固着が小さいと考えられてきたこともあり，十分な観測が行われてこなかった．一方で沖縄トラフを含む南西諸島域で起こる地震については，観測点が弧状に点在する陸域に限られることもあり，精密な震源分布を得ることは困難である．

これまでの地震観測結果によれば，沖縄トラフ内の地震活動が局所的に分布していることが示されている．最近，海上保安庁によりトラフ全体にわたって詳細な地殻構造モデルが提出されたので，トラフの浅部地震活動の特徴を知るために，地震発生域と地震学的構造との関連について調べた．その結果，トラフの地殻内地震の活発な領域は構造の不均質性の大きなところに対応しており，例えば，これまでに地震活動がほとんどなかった海域で発生した2015年11月14日の薩摩半島西方沖地震（*M*7.1）とその余震活動は，沖縄トラフの北西縁の地殻がトラフ下よりも薄い領域に集中していることがわかった．これらの地震は横ずれ断層と正断層の発震機構解を持つがいずれも張力軸は北西－南東方向であり，この領域が現在のリフティング活動域であることを示した．

沖縄トラフの地殻内地震でこれまでに記録された最大のものは1938年6月10日の宮古島北西沖地震（*M* 7.2，*Ms*7.7）であり，1.5 mの津波が宮古島で観測された．この地震の震央は，トラフ内で最も深い水深を有する八重山海底地溝の北方延長部が陸的構造をもつ宮古海山に接する構造の不連続性の大きなところに推定されている．また2007年4月20日には同地域周辺で*M*6.7の地震を含む*M*6以上の地震が3回観測されるなど活発な活動が見られた．これらの地震の震央域は宮古海山北部の宮古海底地溝付近の地震反射断面図で正断層が多くみられるところに対応している．防災科研F-netの発震機構（モーメントテンソル解）によれば張力軸は北北西ー南南東方向で宮古海底地溝の走向に直交であり，宮古海底地溝に沿ってリフティング活動が集中していることを示唆する．しかしながら，この領域ではF-netのモーメントテンソル解カタログのデータの震源位置とグローバルCMT震源位置は最大20 km程度のずれがあり，沖縄トラフ内でも特に震源決定精度の悪い領域で，正確な位置の特定は難しい．

一方，速度構造調査の結果は，沖縄トラフは背弧拡大により形成された四国海盆における厚さ5-7 kmの薄い海洋性地殻とは異なり，より厚い島弧地殻を持っていることを示している．それは，例えば海洋地殻が形成されつつある中央海嶺軸付近よりも地震発生層が厚く，より大きな地震を起こす可能性があることを意味する．今後は，沖縄トラフで発生する地震や津波の予測について，さらには南西諸島海溝や隣接する南海トラフの巨大地震発生との関連についても，慎重に検討する必要があろう．

キーワード：沖縄トラフ、地震活動、地震学的構造
Keywords: Okinawa Trough, seismic activity, marine seismics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震活動の時系列解析から推定される日本列島南西部～朝鮮半島南東部の地震活動

Time series analyses of the seismic activities in southwestern Japanese Island to southeastern Korean Peninsula excited by the deep fluid heat flow

*川辺 孝幸[1]
*Takayuki Kawabe[1]

1. 山形大学地域教育文化学部
1. Faculty of Education, Arts and Sciences, Yamagata University

１．はじめに

2016年4月14日22時26分頃，熊本県中央部の深さ11kmを震源とする気象庁マグニチュードMj6.5の地震が発生した．その約1時間半後の15日00時03分頃にMj6.4の地震が，さらにその25時間後の16日01時25分にMj7.3の地震が発生した．これらの一連の地震は平成28年（2016年）熊本地震（気象庁，2016；以下，熊本地震）とよばれ，震央に近い益城町をはじめ，人的被害を含む構造物等の大規模な被害被害が発生した．この地震の発生の半年前から直前まで，沖縄トラフ北西部において，北東南西方向の伸びを示す，後の熊本地震と同規模の余震域をもつ一連の地震が起こっている．その後，半年～１年間の間に，朝鮮半島南東部，鳥取県中部と立て続けに被害地震が発生している．筆者は，これらの地震について，震源の詳細な時空間的解析の結果，およびその西南日本における時空間的位置づけを検討した結果，これらの地震の発生には深部流体が大きく寄与していることが明らかになったので報告する．なお，本報告中で使用した震源データは，すべて，気象庁一元化処理データを使用した．

２．西南日本の大規模浅発地震の時空分布

近年，近畿地方以西の日本列島周辺で発生した，被害をもたらすような大規模浅発地震は，少なくとも2015年11月以降，次のように列挙することができる．すなわち，

① 2015年11月15日 沖縄トラフ北西縁の地震 北緯31.33050°，東経128.71733°，深さ9.4km，M5.9．
前日（11月14日）にM5.1の前震，2016年5月7日にM5.5の最大余震．
② 2016年4月16日 平成28年2016年熊本地震 北緯32.75450° 東経130.76300°, 深さ12.45km，M7.3．
2日前の4月14日にM6.5，1日前の4月15日にM6.4の前震，2016年4月16日にM5.9の最大余震．
③ 2016年9月12日 朝鮮半島南東部の地震（慶州地震）北緯35.79817° 東経129.27167°，深さ36.0km，M5.8．
本震の40分前にM5.2の前震．1年後の2017年11月15日にはM5.2，さらにその3ヶ月後にはM4.8の地震．
④ 2016年10月21日 鳥取県中部の地震 北緯35.38050° 東経133.85617°，深さ10.61km，M6.6．
低周波地震からなる前震群，低周波地震を含む余震群．（10月26日には島根県西部において2個の低周波地震）
⑤ 2017年11月15日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.19584° 東経129.39417°，深さ11.0km，M5.6．
⑥ 2018年02月11日 朝鮮半島南東部の地震 北緯36.09883° 東経129.45700°，深さ4.0km，M4.6．
⑦ 2018年4月9日 島根県西部の地震 北緯35.18467° 東経132.58667°，深さ12.13km，M6.1．
⑧ 2018年6月18日 大阪府北部地震 北緯34.84433° 東経135.62167°，深さ12.98km，M6.1．
である．

３．西南日本における大規模浅発地震の連鎖

以上の地震について，その位置に注目してみると，①～④，⑤～⑧は，それぞれ震央が西から東へと移り変

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

わる一連の位置の変化が認められる．

その中で，① 沖縄トラフ北西縁の地震と② 2016年熊本地震との関係をみると，①の地震群の，発生個数・規模の両方が急激に減衰して空白が生じた直後に，その北東側に② 2016年熊本地震が発生しており，両者には密接な関係があるものということができる．

③ 朝鮮半島南東部の地震は，⑤の地震も含め，深部から浅部へと余震域が移動するとともに，横方向にも位置を変えている（Fig.1）．このような震源域の面的な広がりを持たない線状の移動軌跡は，地震の発生に流体が関与している可能性が高いことを示唆している．

④ 鳥取県中部地震では，低周波地震が前震や余震の地震群の多くをなしている．また，③ 朝鮮半島南東部の地震と同様，震源は，深部から浅部へ位置を変えている．このような一連の鳥取県中部地震は，活発な熱流体の活動によってもたらされたと考えられる．このことから，同様な震源の位置変化の特徴を持ち，長いスパンでの一定の範囲内で活動をおこなっている朝鮮半島南東部の地震も，同様な要因でもたらされていると考えることができる．

従って，このような個々に熱流体によってもたらされたと考えられる地震群を含む西から東への震央位置の変化を示す①～④と⑤～⑧の一連の地震群は，西から東への熱エネルギーの移送（Tsunoda　et al., 2013）によってもたらされた可能性を示している．

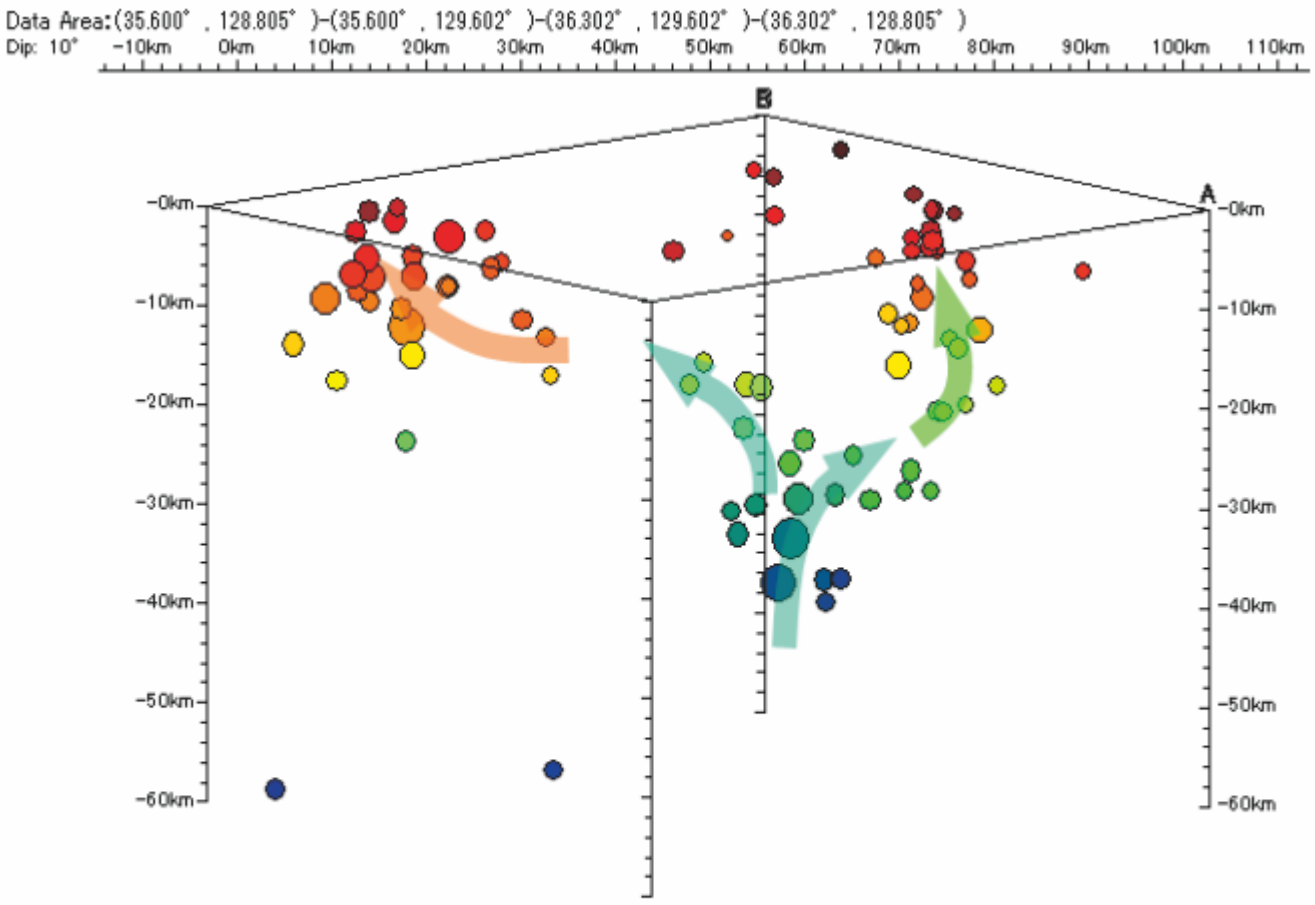
文　献

気象庁, 2016, 平成28年（2016年）熊本地震．災害時自然現象報告書 2016年第1号，230p., 気象庁.

Tsunoda, F., Choi, D.R. and Kawabe, T., 2013. Thermal energy transmigration and fluctuation. NCGT Journal, v.1, p.65-80.

キーワード：地震活動の時系列解析、深部熱流体、日本列島南西部
Keywords: time series analyses of seismic activities, deep fluid heat flow, southwestern Japanese Island

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



Current: (84/84) 2018/02/18 03:34:27.06 M3.0
断面線: N41.0° E
2016/09/11 00:00:00 - 2018/03/01 00:00:00.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

自己浮上型海底地震計（OBS）と陸上地震観測網の併合処理による駿河湾周辺の地震活動観測

Integrated monitoring of seismicity in and around the Suruga Bay using Ocean Bottom Seismometers and inland stations.

*パナヨトプロス ヤニス[1]、馬塲 久紀[2]、西宮 隆仁[3]、曽谷 太洋[4]、中尾 凪佐[4]
*Yannis Panayotopoulos[1], Hisatoshi Baba[2], Takahito Nishimiya[3], Taiyo Sotani[4], Nakao Nagisa[4]

1. 地震予知総合研究振興会、2. 東海大学海洋学部海洋地球科学、3. 気象庁気象研究所、4. 東海大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Department of Marine and Earth Science, Tokai University, 3. Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 4. Tokai University

伊豆半島の西側,駿河湾の中央部を南北にのびる駿河トラフは東海地震の想定震源域とされている（例：石橋、1981）．さらに,この地域の北方に分布する富士川河口断層帯はフィリピン海プレートと日本弧付加体の陸上境界と考えられている（例：山崎、1992）．

2009年8月「静岡沖の地震（M6.5）」と2011年8月「駿河湾南西部の地震（M6.2）」の発生を契機に，東海大と気象研（MRI）は駿河湾石花海（せのうみ）周辺海域で，自己浮上型海底地震計（OBS）を用いた海底地震観測を開始した（例えば，馬塲ほか，2015）． さらに2018年からは東海大と気象研（MRI）の観測点4点に地震予知総合研究振興会（ADEP）2点を追加し，駿河湾内で発生する詳細な地震活動に関する調査を継続中である．

本研究では,上述の2009年と2011年に発生した地震の余震活動と思われる駿河湾内に発生している群発地震活動について，OBS観測網と陸上基盤観測網のデータを併合処理した結果について報告する．

キーワード：駿河湾、群発地震、地震活動
Keywords: Suruga bay, Earthquake cluster, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東海地域スラブ内地震の線状配列

Linear distribution of the intraslab earthquakes in Tokai

*鈴木 貞臣[1]
*Sadaomi Suzuki[1]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会 東濃地震科学研究所
1. Tono Research Institute of Earthquake Science, Association for the Development of Earthquake Prediction

東海地域のスラブ内地震については既にMiyoshi and Obara (2010) によって詳しく調べられているが、その後、気象庁による震源データが増えてきたことや、Suzuki et al.(2018)によってそれらの精度良い震源とスラブ構造との関係が調べられたので、今回はそれらの特性の一つである線状配列に注目し調べた．

Figure 1は東海地域で発生した深さ60 km より浅い地震の震源分布である．震源の深さが30kmから50kmの間の地震（黄色-緑色-青色の小子丸）がスラブ内地震と思われる．これらの地震の分布は均一ではなく、図中の破線楕円で示されているように、幾つかの線状または帯状配列がみられる．（ここでは呼名を「線状配列」に統一する）．　線状配列Aとdは東海地域のスラブ内地震の中心をなし、北西-南東に配列している．また、それらの東側に小さな配列eとfがある．　一方、線状配列Bは伊勢湾名古屋港付近から北北東に伸びて、Aと水平面で約70°の角をなしている．さらにその西側に小さな配列cがある．（配列Bとcは三好・小原(2010)が指摘しているものと同じであるかも知れない）．配列の方位差が70°ある２つの線状配列AとBに属する地震のメカニズム解を調べた．配列Aに属する１２個の地震（Group Aと呼ぶ）と配列Bに属する１４８個の地震（Group B）のメカニズム解を比較した．気象庁のデータより得られたそれぞれのGroupごとのＰ軸とＴ軸の方位(azumuth)を調べ、それぞれの平均値をFigure 1に赤矢印（P軸）と青矢印（T軸）で示した．すなわち、Group Aでは、P軸の平均値= 171°と350°、T軸の平均値= 91°と256°であり、Group Bでは、P軸の平均値= 172°と358°、T軸の平均値= 82°と254°であった．その結果、Group AとBとの間に大きな違いがないことが分かった．このことは、Group AとBとの間に起震力の違いがほとんどないことを意味している．つまり線状配列AとBの向き（方位）が違っているのに、地震発生の力学的な違いがないということである．したがって線状配列ができる原因を、その周辺に働く広域応力に帰することはできず、他の原因を考える必要がある．

Figure 2に、東海地域を北北西-南南東に横切る断面に投影したスラブ内地震（黒四角）と深部低周波地震（赤丸）の震源分布とS波トモグラフィ（Nakajima and Hasegawa, 2016)を示した．この図によると、スラブ内地震は海洋性地殻内ではなく、海洋性マントル最上部のS波低速度層に分布していることが分かる．海洋性地殻を中心に分布しているS波低速度層は、海洋性地殻の岩石のP-T pathから推定される脱水反応（例えばAbers et al., 2013）による高間隙水圧層に対応していると推定される．この高間隙水圧によってマントル最上部のスラブ内地震が発生しているとすると、それが線状配列しているということは、高圧な間隙水が海洋性地殻から海洋性マントル最上部に浸み込む際、面的に一様でなく、線状に浸み込んでいるものと考えられる．想像に過ぎないが、フィリッピン海プレートが東海地域の下に沈み込む以前にできていた線状破砕帯のような古傷が海洋性マントル最上部に存在していたのかも知れない．

引用文献

Abers GA, Nakajima J, van Keken PE, Kita S, Hacker BR (2013), Earth Planet Sci Lett, 369–370:178–187
Hirose F, Nakajima J, Hasegawa A (2008), J. Geophys. Res., 113:B09315. doi:10.1029/2007JB005274.
Miyoshi,T. and K. Obara (2010), Earth Planets Space, 62, 949-954.
三好崇之•小原一成(2010)、日本地球惑星科学連合2010年大会、地震活動S-SS013P14.
Nakajima, J., and A. Hasegawa (2016), Nature communications 7, Article number: 13863 (2016), doi:10.1038/ncomms13863, 2016.
Suzuki, S., Okubo, M., Imanishi, K., Takeda, N. (2018) , Geochemistry, Geophysics, Geosytems, 19,.https://doi.org/10.1029/2018GC007479

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：スラブ内地震、地震の線状配列、海洋性マントル
Keywords: intraslab earthquakes , linear distribution of earthquakes , oceanic mantle

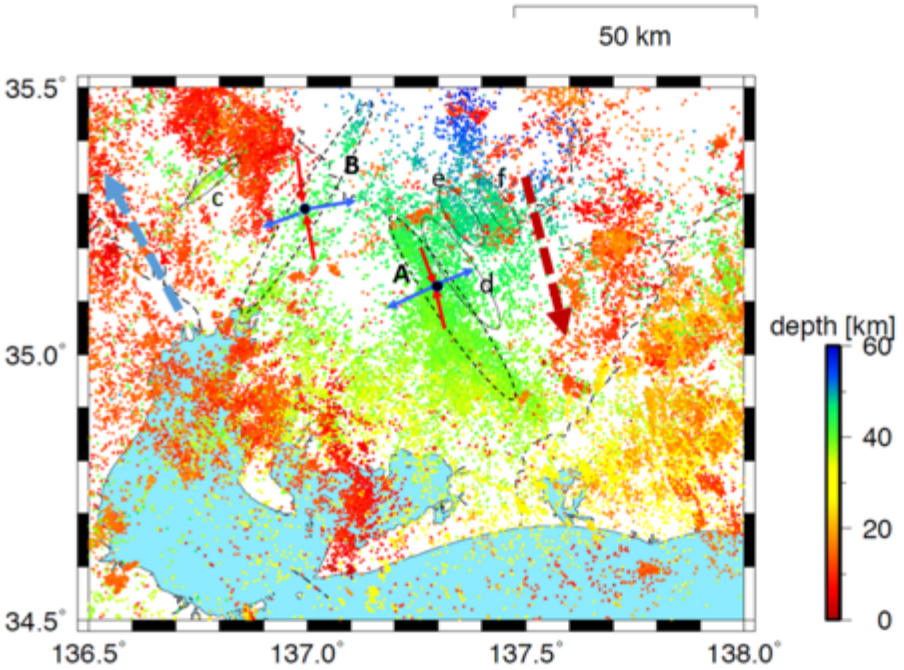


Figure 1. Epicenter map (presented by Osamu Murakami) of the earthquakes shallower than 60 km in the Tokai area occurring from June 2002 to April 2018 (JMA data). Elongated ellipses by broken lines show linear distributions of the intraslab earthquakes. Red and blue allows indicate P-axes and T-axes, respectively. A brown and blue broken lines show the ridge and valley of the slab shape (Hirose et al., 2008), respectively

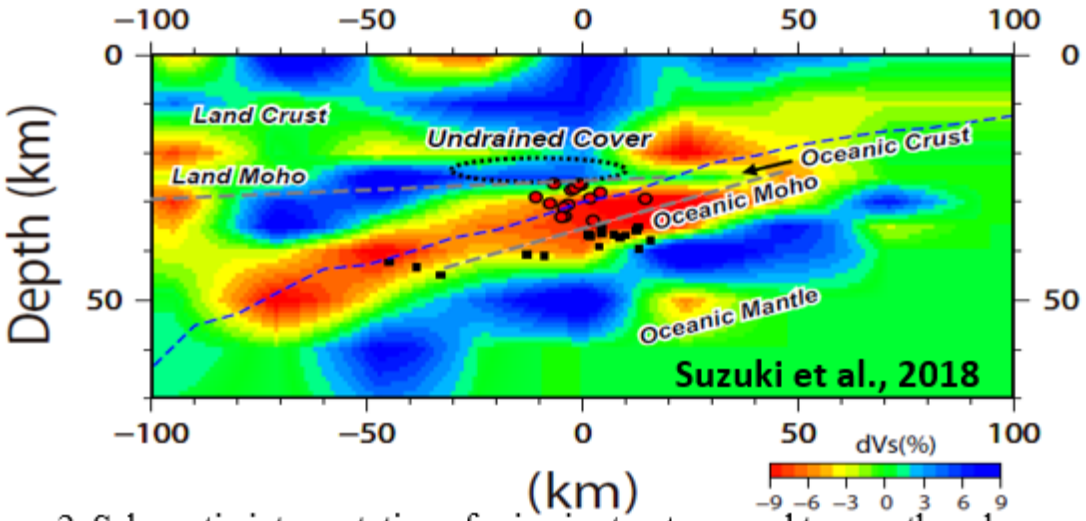


Figure 2. Schematic interpretation of seismic structures and two earthquake groups consisiting of LFEs (red circles) and intraslab earthquakes (black squares) referred from Suzuki et al., 2018.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震前後の中部地方の応力場変化について
The stress change of Chubu region before and after the 2011 Tohoku-oki Earthquake(Mw9.0)

*薄田 悠樹[1]、勝俣 啓[1]
*Yuki Susukida[1], Kei Katsumata[1]

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター
1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

Great subduction-zone earthquakes occur frequently off coast of the Pacific Ocean in Japan. And the Chubu region (central part of Honshu, Japan) has risk not only subduction-zone earthquake but also inland earthquake. In 1891, Nobi earthquake (M8.0) occurred at Neodani fault system in Chubu region, which is the largest inland earthquake in Japan. (Milne 1893) Furthermore, after Tohoku-oki earthquake, seismicity of northern part of Neodani fault system was activated. (Toda et al, 2011) In this study, I examined effect of Tohoku-oki earthquake on seismicity around the Neodani fault system by inferring of stress change before and after Tohoku-oki earthquake.

At first, I demonstrated the stress field inversion method (Hardebeck & Michael, 2006) by synthetic data to check the performance of this inversion method. As a result, I found that the inversion method will analyze real data well.

Next, I conduct stress field inversion for the joint observation data by eight Universities in Japan and NIED (National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience in Japan) in the Chubu region between 2009 and 2013. As a result, I found the stress field in Neodani fault system didn’t change significantly before and after Tohoku-oki earthquake.

キーワード：東北地方太平洋沖地震、内陸地震、根尾谷断層系、応力場インバージョン
Keywords: Tohoku-oki Earthquake, Inland Earthquake, Neodani fault system, stress field inversion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北地方太平洋沖地震後に宮城県沖に誘発された繰り返し地震活動
Repeating earthquake activity off Miyagi Prefecture triggered by the 2011 Tohoku-oki earthquake

*津村 建四朗[1]
*Kenshiro Tsumura[1]

1.（公財）地震予知総合研究振興会
1. Association for Developement of Earthquake Prediction

2011年の東北沖地震によって誘発された宮城県沖の著しい繰り返し地震活動について詳しく解析した。 繰り返しの地震の震源は、38°38'N、141°54'Eを中心とした直径約1kmの非常に小さなは範囲の、深さ46～49kmに集中している。繰り返し間隔は、最期には約20日であったが、その後徐々に長くなり、2018年には約100日となった。 地震のマグニチュードは、初期の4.0前後から徐々に小さくなり、2018年には3.4前後となった。この活動について、その繰り返しの規則性に基づいて、中期的な予測が試みたところ、一定の期間については良い結果が得られた。

キーワード：繰り返し地震、東北地方太平洋沖地震、中期的地震予知
Keywords: repeating earthquakes, 2011 Tohoku-oki earthquake, mid-term erathquake prediction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

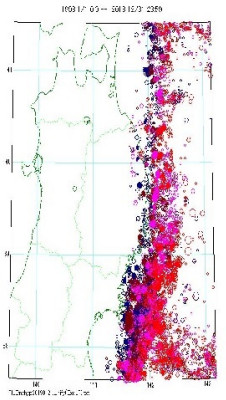


図１．震央分布図

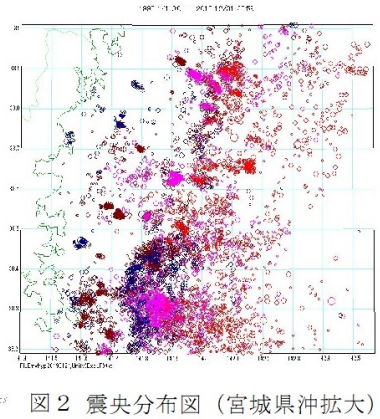


図２ 震央分布図（宮城県沖拡大）

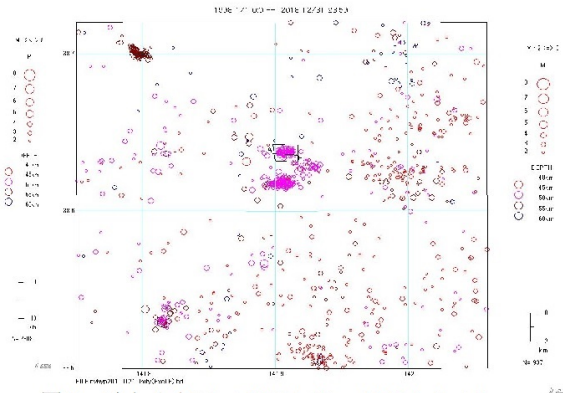


図３．震央分布図（解析対象の付近を拡大）

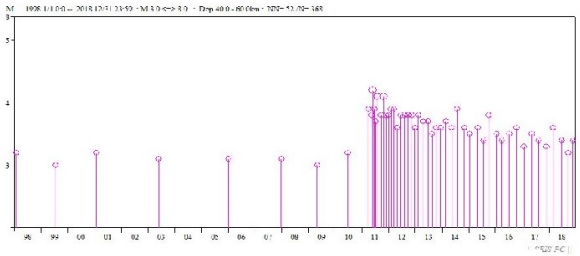


図５． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図

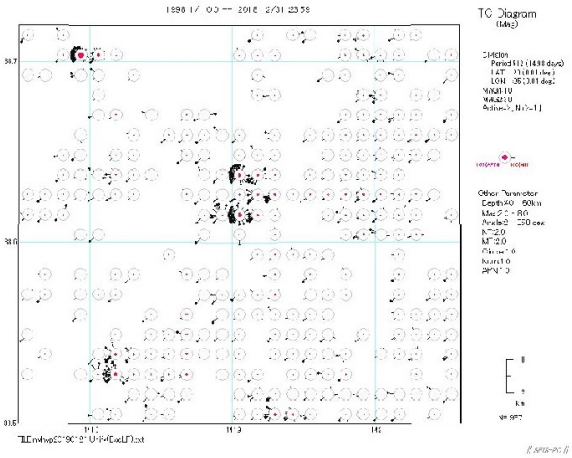


図４ 図3に対応する時間円表示図（TC-M図）

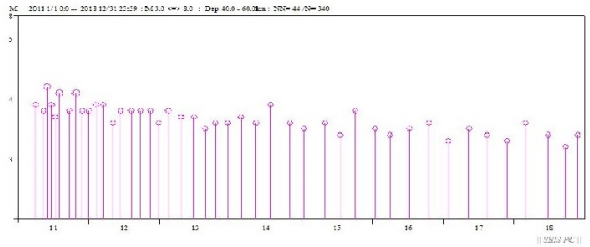


図６． 対象とする繰り返し地震活動のＭＴ図（2011年以降を拡大）

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Hi-net地震記録から推定する内陸小・中地震の地震モーメントとモーメントマグニチュード

Seismic Moments of Inland Small Earthquakes in Japan: Spectral Analyses Using the Hi-net

*上野 友岳[1]、齊藤 竜彦[1]
*Tomotake Ueno[1], Tatsuhiko Saito[1]

1. 防災科学技術研究所
1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

地震モーメントとモーメントマグニチュードは断層面の大きさとすべり量に関係する物理量であり，地震の規模を示す最も重要な要素の一つである。防災科学技術研究所では，大地震が発生すると，広帯域地震観測網（F-net）や強震観測網（KiK-net/K-NET）の地震記録を用いて，地震モーメントを含む様々な震源要素を計算し，その結果を公開している。一方で，規模の小さな地震に関しては，観測点間隔の広いF-netや，地震計の感度が低いKiK-net/K-NETでは，地震規模の推定が困難である。そのため，おおよそ気象庁マグニチュードM3.5未満の地震については高感度地震観測網（Hi-net）の最大振幅値からの地震マグニチュードのみを推定している。Hi-netは高感度地震計を利用しているために強い震動を励起する地震の地震モーメントを推定することは難しい。しかしながら，地震波の振幅値が小さい小地震については地震モーメントの推定が可能である。そこで，本研究ではHi-net地震記録の最大振幅から推定されている地震マグニチュードが3から4である地震に対して，地震モーメントとモーメントマグニチュードを推定した。

使用したデータは，2013年から2017年の5年間に陸域で発生した深さ20 km以浅の地震とした。ある地震に対して，震央距離が100 km以内の観測点を選び，計器特性を補正したS波記録に対して，到達時の1秒前から10秒間の波形を切り出して，変位スペクトルを計算した。さらに，サイト増幅特性と距離減衰およびS波の減衰を補正し，地震波の平均的な放射特性と媒質のS波速度と密度を仮定して震源スペクトルを推定した。そして，ω^2モデルを仮定して，周波数無限小の振幅値である地震モーメントを推定した。ω^2モデルの推定には，0.1 Hから20 Hzまでのスペクトル振幅に対し，シグナルノイズ比が20倍以上あるデータを用いた。

2017年に防災科学技術研究所のHi-netで検知されたM3-4の陸域の地震は455イベントあり，そのうち90%以上の地震について地震モーメントを推定することができた。2016年を除く他の年についても同様に90%以上の割合で地震モーメントを推定できた。2016年については，熊本地震が発生したために，1分以内に連続して発生した地震（余震）が頻発したため，全体で1730イベントが検知されたが，地震モーメントの推定割合は全体の70%程度となった。5年間のM3.5以上の地震について，F-netのモーメントテンソルインバージョンから求めた地震モーメントと本研究で求めた震源スペクトルによる地震モーメントをモーメントマグニチュードにして比較した結果，Hi-net記録から推定したモーメントマグニチュードは系統的におおよそ0.1程度F-netから推定したモーメントマグニチュードより小さく，また，ばらつきはおよそ0.1程度であった．一方で，Hi-netの最大振幅からもとめた振幅マグニチュードは，F-netのモーメントマグニチュードに比べ系統的に0．06程度大きく，ばらつきの程度は0.2となった。

キーワード：地震モーメント、高感度地震観測網、小地震
Keywords: seismic moment, Hi-net, small earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震震源域の応力場の時空間変化
Spatiotemporal variations of stress field in the 2016 Kumamoto earthquake (M 7.3) area

*趙 大鵬[1]、Yu Zhiteng[2]、Li Jiabiao[2]、Huang Zhouchuan[3]
*Dapeng Zhao[1], Zhiteng Yu[2], Jiabiao Li[2], Zhouchuan Huang[3]

1. 東北大学大学院理学研究科附属地震・噴火予知研究観測センター、2. 中国海洋局第二海洋研究所、3. 南京大学地球科学系
1. Department of Geophysics, Tohoku University, 2. State Oceanic Administration, 3. School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University

Focal mechanism solutions of 349 local crustal earthquakes and stress tensors in central-north Kyushu are determined using a large number of P-wave polarity data and a 3-D velocity model. The obtained tensional ($\sigma 3$) axis trends NNW-SSE or N-S horizontally, and the compressive ($\sigma 1$) axis trends WSW-ENE or E-W. The direction of the $\sigma 3$ axis is consistent with the spreading direction at the Okinawa Trough. The stress field in the 2016 Kumamoto earthquake area is attributed to rollback of the Philippine Sea plate and northward extension of the Okinawa Trough. The orientation of the $\sigma 3$ axis is quite stable, whereas the $\sigma 1$ and $\sigma 2$ axes are distributed in a wide range. With the 3-D velocity model, the principal stress axes can be better determined by inverting a large number of FMSs. Spatial and temporal variations of the stress field are well revealed in the Kumamoto source area. The $\sigma 3$ axis significantly rotated counterclockwise after the M 6.5 foreshock, and rotated clockwise after the M 7.3 mainshock on the Futagawa fault segment. The stress rotation suggests a small magnitude of deviatoric stress in the source area, which indicates a small friction coefficient on the seismogenic faults. In addition, a generally small value of friction (~0.4) on the faults is obtained by the stress inversions, indicating that the faults in the Kumamoto earthquake area are weak. The fault weakening may be caused by the arc magma and fluids ascending from the mantle wedge associated with the dehydration reactions of the subducting Philippine Sea slab.

キーワード：熊本地震、地殻応力、断層メカニズム
Keywords: Kumamoto earthquake, crustal stress, focal mechanism

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年熊本地震以降の地震活動と地殻変動
Seismicity and crustal deformation following the 2016 Kumamoto earthquakes

*楠城 一嘉[1]、井筒 潤[2]、織原 義明[3]、鴨川 仁[4]、長尾 年恭[3]
*Kazuyoshi Nanjo[1], Jun Izutsu[2], Yoshiaki Orihara[3], Masashi Kamogawa[4], Toshiyasu Nagao[3]

1. 静岡県立大学、2. 中部大学、3. 東海大学、4. 東京学芸大学
1. University of Shizuoka, 2. Chubu University, 3. Tokai University, 4. Tokyo Gakugei University

2016年熊本地震では、マグニチュード*M*7.3の本震と、それに先立つ*M*6クラスの前震(*M*6.5, *M*6.4)、そして多数の*M*5クラスの余震が起きた。これらの地震に関係する布田川断層、日奈久断層では今尚活動は活発である。今後の活動推移の示唆を得る目的で、熊本地震前後の地震活動と地殻変動を調査した。

この研究では、先行研究(Nanjo et al., 2016)を参考にし、グーテンベルグ・リヒター則の*b*値の時空間分布を調べた。余震の活発な期間を除いた、2017年1月から2019年1月までの地震活動に基づく*b*値の空間分布から、前震(*M*6.5, M6.4)の発生場所より南側の日奈久断層沿いで、*b*値の低い地域（130.6-130.8E, 32.5-32.6N）があることがわかった。2000年1月から熊本地震直前までの地震活動に基づく*b*値の空間分布と比較すると(Nanjo et al., 2016)、*b*値が減少した地域があり、その地域と、2017年以降の低*b*値の地域が一致する。2016年以降の*M*>5の地震の空間分布と、2017年以降の地震活動に基づく*b*値の空間分布を比較すると、低*b*値の地域では、*M*>5の地震が起きていない様に見える。

また、GEONETによる熊本地震に伴う地殻変動の先行研究を参考にしながら(例えば、檜山他, 2016)、布田川断層、日奈久断層周辺の基準点の基線変化を調査した(2013年1月から2018年末までの期間、固定局を三隅（島根県）にとる)。その結果、熊本地震の発生した2016年4月にステップ状の変化があり、その後に余効変動が継続している。2017年以降の低*b*値の地域に含まれる基準点「泉」（130.79E , 32.58N）でも同様で、変動が終わりつつあるが未だ継続している様である。従って、地震活動は今後も継続すると考えられる。

日奈久断層沿いに現在*b*値の低い地域があり、唯一そこは熊本地震の発生前と比べて*b*値が減少した地域である。Nanjo et al. (2016)によれば、熊本地震の前震、本震、余震のうちで*M*5以上の地震の多くが、低*b*値の地域で起きていることが分かっている。仮に、熊本地域に関して、*b*値を、将来比較的大きい地震の発生場所を推定する指標とみなすならば、現在の低*b*値の地域は、*M*>5の地震が未だ起きていない空白域の可能性がある。

キーワード：2016年熊本地震、b値、地殻変動
Keywords: 2016 Kumamoto earthquakes, b value, crustal deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月6日胆振東部の地震の計測震度距離減衰の特徴から判ること
The unique characters of intensity distribution of the 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region in Hokkaido, Japan

*松浦 律子[1]、田中 裕人[2]、古村 美津子[1]、高浜 勉[2]
*Ritsuko S. Matsu'ura[1], Hiroto Tanaka[2], Mitsuko Furumura[1], Tsutomu Takahama[2]

1. 公益財団法人地震予知総合研究振興会地震調査研究センター、2. 株式会社 構造計画研究所
1. Earthquake Research Center, Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Kozo Keikaku Engineering Inc.

2018年9月16日に発生したMw6.6(M_{JMA}6.7)の胆振東部の地震は、深さ35km(F-net CMT解．JMAは深さ37km）で太平洋スラブ内の地震ではないにも関わらず、日高山脈の西側の石狩低地で大きい震度が観測されるとともに、岩手や北海道東部方面には、スラブを伝播したことを示す太平洋岸沿いに広がる異常震域も見られた。この地震で観測された震度と、我々が提案している、表層地盤の影響と震源の物理的なタイプを考慮した地表の計測震度の距離減衰式[Matsu'ura et al. (2018)]とを比較した。その結果、石狩低地等震源の西側で震源距離が100km程度以下の地域では、スラブ内地震と類似する、高い短周期レベル＝高い応力降下量の特徴を示す一方、日高山脈の東側の北海道東部や本州の青森東部、岩手などの太平洋沿岸の観測点では、プレート間地震と同程度で、スラブ内地震よりは弱い異常震域を示していた(図）。

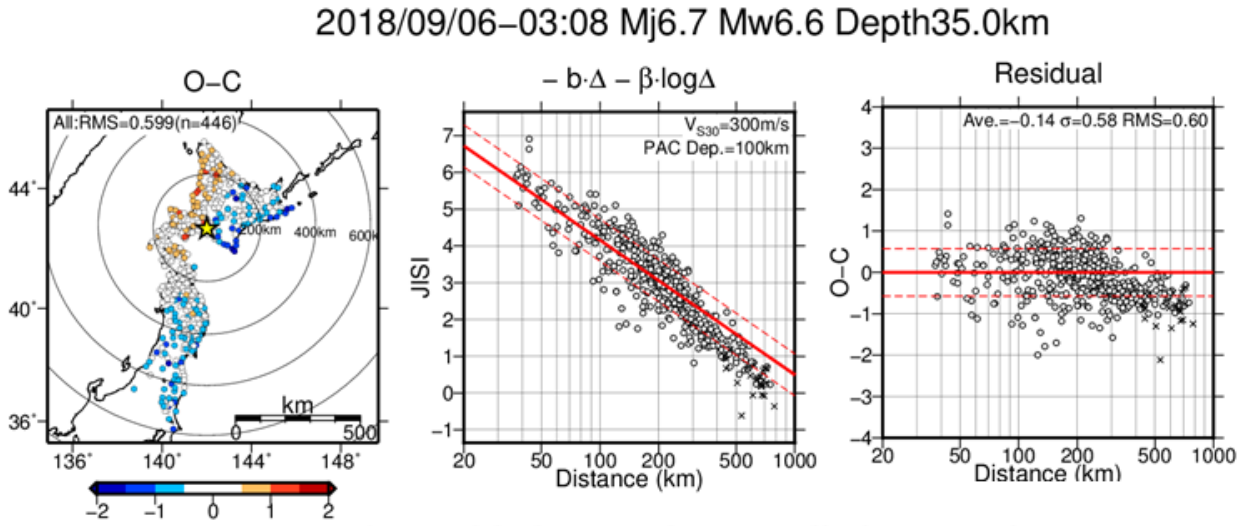
この地震が日高山脈西側にある脆性破壊可能な陸側の浅いマントル内で発生したと考えると、上記特徴を以下のようによく説明できる。やや深い地震で応力降下量が高く、直達波が卓越する石狩低地側で、通常の浅い地殻内地震より広範に大きい震度が観測された。スラブを通じて太平洋沿岸域に生じる異常震域は、スラブ直上に震源があるプレート間地震と同程度に、効率良く高周波が震源からスラブに伝播したことを示しており、震源からスラブまでの物性の不均一度は地殻より格段に低いと推定される。

表層地盤の影響を上手に取り除けて、物理的な震源タイプを考慮した距離減衰式は、震度分布から震源過程を推定する良い手段となる。また、この地震のような深さでの高い短周期レベルは、日高山脈西側のような脆性破壊可能な陸側マントルが存在する領域でだけ考慮すれば良いことになり、下部地殻の脆性破壊リスクを全国一律に考える必要は無い。

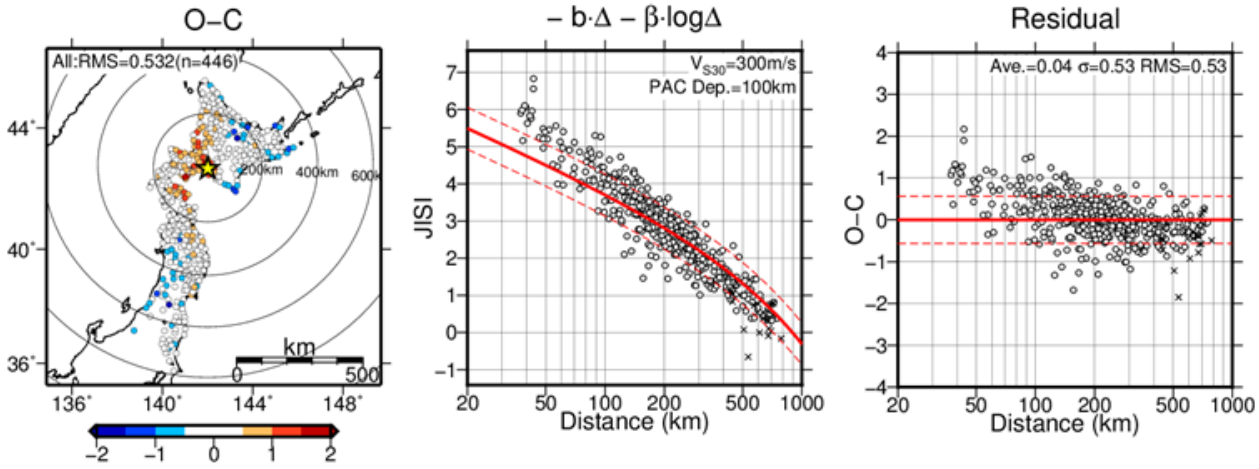
本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：計測震度の距離減衰式、2018年9月6日胆振東部の地震、最上部マントル内の地震
Keywords: Prediction Equation of Japanese Instrumental Intensity, 2018 Sep. 6 Mw6.6 Earthquake of Iburi region, earthquake in the uppermost mantle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



comparison with the PAC intra prediction equation



comparison with the PAC inter prediction equation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Determination of Hypocenter Location in Sumani and Sianok Fault Segments, West Sumatra region Using Oct-Tree Importance Sampling Method

*Ade Surya Putra[1], Nanang Tyasbudi Puspito[2], Andri Dian Nugraha[2], Pepen Supendi[3,1]

1. Geophysical Engineering, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleoum Engineering, Institute of Technology Bandung, 3. Agency of Meteorology, Climatology and Geohysics (BMKG), Indonesia, Bandung, Indonesia

Sumani and Sianok segments are two of the many fault segments in Sumatra Fault Zone (SFZ) that have a considerable history of seismicity and cause significant impacts. An important effort to overcome this problem is the need to analyze tectonic structures in detail through one of them by elaborating an accurate hypocenter location. In this study, we conducted hypocenter determination by using a non-linear approach with the oct-tree importance sampling method through NonLinLoc software by using local velocity components for earthquakes in Sumani and Sianok Segments in the range of 2009-2017. The results of hypocenter determination in this study indicate an improvement in picking arrival time of P and S wave. The increment is denoted by the results of residual picking P and S wave arrival times using oct-tree sampling method that dominant at frequency of 0.1 seconds and there is a correlation between hypocenter location cluster in this study with a location of major earthquakes that have occurred in Sumani and Sianok Segments.

Keywords: Hypocenter, Oct-tree importance sampling, Fault segment, Sumatra Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1D Seismic Velocity Modelling and Hypocenter Relocation around Central and East Java Region: Preliminary Result

*Faiz Muttaqy[1], Andri Dian Nugraha[2], Nanang Tyasbudi Puspito[2]

1. Geophysical Engineering Study Program, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung,
2. Global Geophysics Research Group, Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Institut Teknologi Bandung

Central and East Java are part of Sunda Arc which has relatively high seismicity and complex geological system as a result of Indo-Australian plate that subducted under the Eurasian plate. The early stage of seismic tomography study in order to obtain a reliable geometry about the velocity structure beneath the study area is to define the precise earthquake location and 1D seismic velocity model. In this study, we manually picked P- and S-wave arrival time recorded by BMKG network for the time period from January 2009 to September 2017. We determined the hypocenter location around Central and East Java region by using an NLLoc program. We also conducted a velocity inversion using the VELEST program to obtain an updated 1D velocity model in the study area. Afterward, the hypocenters were relocated using the double-difference algorithm and the updated 1D velocity model to improve the accuracy of the hypocenter locations. Our results indicate that the seismicity around Central and East Java is generally distributed in the southern part of the island, such as in the south of Kebumen, Yogyakarta, Pacitan, Malang, and Banyuwangi that associated with the subduction activity. Moreover, the shallow seismicity is probably controlled by the presence of active inland faults, such as Opak Fault and Kendeng Thrust. As further studies, we will determine the focal mechanism of selected events related to the active inland fault in this region and conduct 3D seismic tomography imaging beneath Central and East Java region.

Keywords: Central Java, East Java, Hypocenter Relocation, 1D Velocity Model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity and Tectonics of the Bingöl Area: Eastern Anatolia

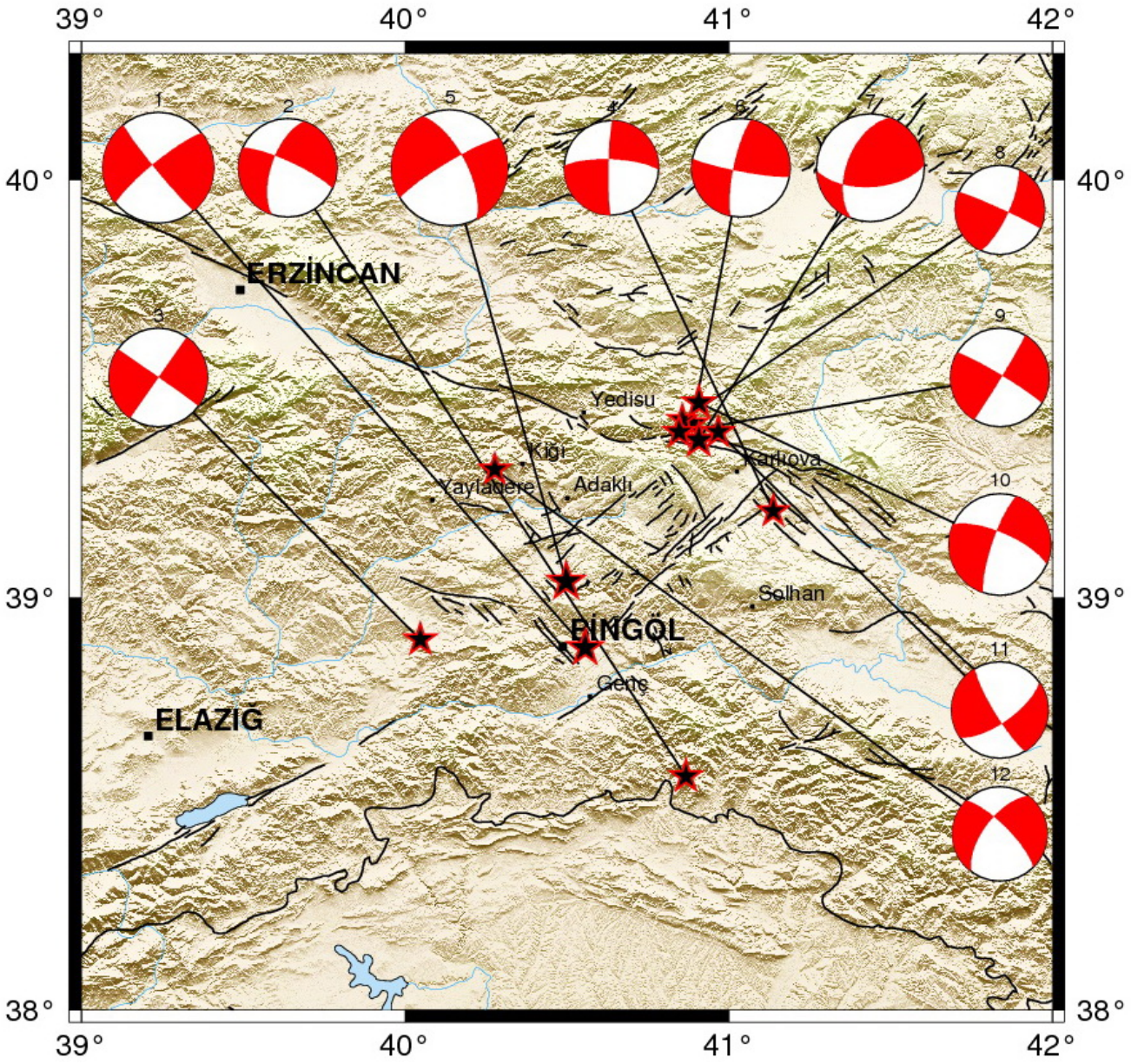
*Dogan Kalafat[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

In this study, Bingöl Earthquakes which have occurred in recent years have been evaluated from seismological point of view. The Eastern Anatolia Region is the most seismologically deformed area of the Anatolian plate and is under compression due to the relative movement of the Arabian and Eurasian plates in general. The Anatolian plate bounded by the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Eastern Anatolian Fault Zones (EAFZ) moves relatively westward. Bingöl Earthquakes are located within the Eastern Anatolian Fault Zone and this fault zone occurs due to the movement of the parts. Bingöl and the surrounding area is the most active regions in Turkey in terms of seismicity. The most important earthquakes in Bingöl during the instrumental period were the 1971 and 2003 earthquakes. Bingöl Fault starts from the south of Bingöl and extends along the Göynuk stream valley. This fault length is about 75 km. which is northern part of the Eastern Anatolian Fault Zone and joins the North Anatolian Fault Zone after passing through the villages of Serpmekaya and Sakaören. During the 1971 Bingöl Earthquake, about 38 km surface rupture occured which it started from Ormanardi to the southeast of Bingöl and extends to the N45ºE degree in the southwestern direction of Goynuk. The observed faults showed a strike-slip and a left lateral movement and the fault plane solutions supported the field observations.
The other important earthquake occurred on May 1, 2003. In this earthquake, 176 citizens were killed and 521 citizens were injured in various places. In particular, public buildings were severely damaged. The episantr area is between the Balikcay village plateau, Hanocayiri-Kurtulus and Sudugunu Plateau. Stepped fractures with NW-SE trending N20-30ºW trending were observed in Hanocayiri, which is one of the closest settlements of earthquake. As a result of earthquake, a great deal of collapses and mud currents were formed due to the effect of groundwater pressure. The fault traces in the region continued on the slopes of the NW-SE trending Kade mountains. Liquefaction, sitting, collapse and faulting samples were seen together in Hanocayiri hamlet. The earthquake caused severe damage, destruction and death in the buildings located on the alluvial terrace of Göynuk Creek in Bingöl province. During the earthquake, the Celtiksuyu Boarding School of Bingöl province was completely destroyed and 84 students died under the rubble. In addition, many public buildings were damaged. The macroseismic epicenter of the earthquake is approximately 12 km. distance between the district of Elcagini-Elmacayiri and Sudugunu plateaus. The area is mountainous and there are no frequent settlements. The nearest settlements are Balikcay, Hanocayiri Village, Elmacayiri village and Kurtulus village. It was observed that the epicenter of Bingöl Earthquake was highly compatible with the NW-SE trending faults. The fault of N-NW, which passes between Kurtulus-Elmacayiri-Hanocayiri and towards the Balikcay-Cimenli villages, was defined as the fault which was broken by the 2003 Bingöl Earthquake. In this study, 12 earthquakes fault plane solutions have given (magnitude Mw> 5.0) between 1971-2015 time period in Bingöl. The fault plane solution of 6 earthquakes was conducted within the scope of the study. The stress analysis shows that the dominant stress axes in the region are dominated by NW-SE directional compression and strike-slip faulting which are characterized by NE-SW extension axes.
The recent earthquakes showed that the ongoing deformation in the region continued with the strike-slip fault systems as the dominant. Structural heavy damages caused by earthquakes were mostly due to poor soil conditions, improper production, low quality and missing materials.

Keywords: Bingöl, East Anatolia, Göynük Stream, Fault Plane, Strike-Slip faulting

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Seismicity along the North Anatolian Fault beneath the Marmara Sea, deduced from long-term ocean bottom seismographic observations

*山本 揚二朗[1]、高橋 成実[2,1]、Kalafat Dogan[3]、Pinar Ali[3]、Polat Remzi[3]、Coskun Zeynep[3]、Ozener Haluk[3]、金田 義行[4]
*Yojiro Yamamoto[1], Narumi Takahashi[2,1], Dogan Kalafat[3], Ali Pinar[3], Remzi Polat[3], Zeynep Coskun[3], Haluk Ozener[3], Yoshiyuki Kaneda[4]

1. 海洋研究開発機構、2. 防災科学技術研究所、3. ボガジチ大学カンデリ地震観測研究所、4. 香川大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2. NIED, 3. KOERI, Bogaziti University, 4. Kagawa University

The North Anatolian Fault (NAF) beneath the Marmara Sea is recognized as a seismic gap for M >7 earthquake during more than 100 years. Earthquake hazard and disaster mitigation studies in Marmara region are sensitive to detailed information on fault geometry and its coupling status beneath the Marmara Sea. Although hypocenter distribution could help us to estimate them, it is difficult to obtain precise hypocenter location from only onshore permanent seismic stations. Thus, we have started a series of long-term ocean bottom seismographic (OBS) observations beneath the western and central Marmara Sea since 2014. We have installed 10~15 OBSs along the Main Marmara Fault(MMF) for each observation phases, and observation length is about 10 or 11 months. Based on the first phase observation, conducted from 2014 to 2015, Yamamoto et al. (2017) identified a segment boundary of the MMF beneath the central basin of the Marmara Sea (28.05˚E). Besides, they proposed that the zones of no seismicity within the upper crust appear to indicate locked sections of the MMF.
In this study, we analyze the second (from 2015 to 2016) and third phases (from 2016 to 2017) observation data. The OBS distribution of second phase is same as first phase,whereas that of third phase is about 20 km shifted to eastward relative to first and second phases. The tentative result shows that the feature of hypocenter distribution, including the location of no seismicity zones obtained by Yamamoto et al. (2017), is not changed for all phases, suggesting that the coupling status along the fault is almost same during at least three years. In the west of 28.05˚E, seismicity located not only the upper but also lower crust. On the other hand, the lower limit of the seismogenic zone in the east of 28.05˚E is about 15 km, shallower than the Conrad discontinuity. The largest no seismicity zone extended over the upper crust is located between 28.45˚E and 28.65˚E, where strong coupling is suggested from seafloor geodetic observation (Sakic et al., 2016).
According to the spatial relationship between the epicenter of microearthquakes and fault trace on the sea floor (Armijo et al., 2005) suggests that the MMF around 28.75˚E is near vertical to slightly northward dipping. Since previous study indicates that the east of 28.05˚E MMF is southward dipping (Yamamoto et al., 2017), there might be another segment boundary west of 28.75˚E. We also find an active seismic cluster around 40.8˚N, 28.7˚E, 14 km depth. There is a possibility that this cluster relates to the southern branch of NAF.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、地震活動
Keywords: The North Anatolian Fault, Marmara Sea, Seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Microseismic Monitoring of the Sultandagi Fault Zone: Western Turkey

*Dogan Kalafat[1], Yavuz Gunes[1], Mehmet Kara[1], Kivanc Kekovali[1]

1. Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Cengelkoy, Istanbul Turkey

Western Turkey is one of the seismically active region in Turkey. The high seismic activity is a result of the complex tectonic deformation of the Anatolian plate which has been dominated by the N–S extensional tectonic regime in the western edge. In western Turkey, relatively 3 major earthquakes (Mw≧6.0) were identified on the Sultandagi Fault Zone (Afyon-Aksehir Graben) between years of 2000–2002. In this study, mentioned local earthquake activity, have been investigated to understand their nature and relation of the regional seismic activity and tectonic deformation on the Sultandagi Fault Zone (SFZ) in western Turkey. Due to these activities along the SFZ it is decided to monitor microseismic activity (M<2.5) by establishing low-magnitude threshold seismic network. For this purpose, 3 new broadband (BB) seismic stations were temporarily established to control the northern part of the Sultandagi Fault Zone, and the micro-seismicity of the fault zone was started to be observed in July 2017. Thus, the earthquake activity in the region started to be monitored sensitively. So we started to get 2 times more earthquakes than permanent stations in the region. The one of the biggest primary outcome by this study that there is a significant microseismic activity (M<2.5) at the SFZ which was not seen from prior studies and long-term seismicity catalogues from permanent network (M>2.5). At first, we started to analyze the distribution of micro-earthquakes in the region. During the data analysis, it was predicted that some intensive micro-earthquake activity in the project area could be caused by quary-blasting and some locations were visited during the field study. Relocation of common earthquakes recorded by KOERI and the study was carried out, and the earthquake epicenters were displaced approximately as ±0.8–6 km. There were also some positive changes in the depth distribution of earthquakes. Consequently, thanks to the stations established within the scope of the study, horizontal (distance) and vertical error (depth) margins of the events in the region have been reduced. As a result of the evaluation of the data obtained, it was observed that the Sultandagi Fault Zone has especially intense seismic activity in the middle and northwest part. In addition, a significant seismic activity was observed in NW-SE direction at the north of Isparta city .
This research is funded by Bogazici University Research Fund within the scope of Project Number 12280. We thank to Bogazici University Research Fund Commission and members.

Keywords: Sultandagi Fault Zone, Western Turkey, extensional tectonic regime, micro-seismicity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Analysis of radiated seismic energy distributing in aftershock sequences at the Guerrero, Mexico subduction zone.

*Raymundo Omar Plata Martinez[1], Xyoli Pérez Campos[2], Krishna Shri Singh[2]

1. Kyoto University, 2. Geophysics Institute, UNAM

Radiated seismic energy is valuable parameter in seismic source studies, as it can be a good criterion to evaluate earthquakes size but also very useful to analyze the dynamics of the rupture process. Significant large thrust earthquakes have occurred over the last decades at the Mexican, subduction zone, however just a few researches have been done to understand the distribution of seismic energy release in the area. For this purpose, we calculated source spectra to estimate radiated seismic energy of three large earthquakes and their aftershocks (*M* larger than 4.0) in the Guerrero segment of the Mexican subductions zone; the 2012 Ometepec-Pinotepa Nacional (*Mw* 7.5), the 2014 Papanoa (*Mw* 7.2) and the 2018 Pinotepa Nacional (*Mw* 7.2) earthquakes. We found a mean value of the log of radiated seismic energy scaled with the seismic moment (Mo/Es) of -5.05 ±0.25, as well as, regional estimations tend to be higher than the teleseismic estimations by a factor of 1.3 to 6.3. A small dependence of scaled seismic energy with distance from the trench was seen, however distribution of seimsic energy seems to be spatially heterogeneous along the trench. We found four different regions with characteristic behaviors in energy release. One of the regions reveals recurrent low energies with possible slow rupturing close to the trench. Opposingly, high energy seismicity was present, adjacent to the Guerrero gap, which has not had a large earthquake in over 115 years. This suggests that radiated seismic energy can be highly influenced by complexities at the plate interphase, variations on the shear strength and/or coupling at the interface where seismic slip interacts over previous rupture patches.

Keywords: Radiated energy, aftershocks, subduction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_17

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth's background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み –地震動シミュレーション波形を用いた検討–

Estimation of Love wave phase velocity based on array analysis in the northern Tokyo bay area : Numerical experiments using synthetic seismograms

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kaori Shimazu[1], Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

関東堆積盆地は厚さ数km以上の堆積層に覆われているため，周期数秒以上のやや長周期地震動（以下，単に長周期地震動）が頻繁に観測される[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．長周期地震動を引き起こす表面波は，堆積層と地震基盤の3次元的な不均質構造の影響を受けて，空間的に複雑に伝播することが知られている[例えば，Furumura and Hayakawa (2007)]．表面波の伝播特性の解明と堆積盆地構造の正確な把握は長周期地震動の予測精度向上のために重要であり，その方策のひとつとして関東平野に高密度に設置された地震観測点を利用したアレイ解析が考えられる．本研究では，地震観測記録を用いた表面波の伝播特性の把握と堆積盆地構造の推定を目指して，ビームフォーミング解析によりLove波の位相速度を求める試行的な実験を地震動シミュレーションの速度波形を対象に実施した．

データと解析方法

2011年3月19日の茨城県北部の地震（M_W 5.8），2013年2月25日の栃木県北部の地震（M_W 5.8），2014年11月22日の長野県北部の地震（M_W6.3）など方位の異なる複数の地震を解析対象とした．地震波速度構造モデルSBVSM[増田・他 (2014, 地震学会); Takemura *et al.* (2015)]，F-net MT解によるダブルカップル型の点震源を用いて，差分法に基づいた地震動シミュレーションを実施した．同シミュレーションでは，4356点の仮想観測点（以下，高密度仮想観測点; 北緯35.5～35.9度，東経139.4～139.9度，750 m間隔）における地動速度波形を合成した．

ビームフォーミング解析[Riahi *et al.* (2013)]では，高密度仮想観測点を用いて局所的な小アレイを構成し，水平動成分（NS成分とEW成分）の速度波形を一括して解析した．小アレイのサイズは，解析周期（5.9，6.4，7.3，8.5，10.2，12.8秒）によって6～24kmの範囲で変化させた．解析時間は，水平動成分のエネルギーエンベロープが最大になる時間を中心に51.2秒間とした．ただし，評価結果の解析時間依存性について検討するために，この設定時間を変化させた解析も行った．

解析結果

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の大きさは，SBVSMを局所的に水平成層構造で近似して求めたLove波の基本モードの位相速度の大きさと概ね一致した．求めた分散曲線では，正分散の特徴も明瞭に確認された．このような結果より，ビームフォーミング解析によって，堆積盆地内を複雑に伝播するLove波の位相速度を概ね正確に評価できることが示された．

位相速度の評価では，周期5.9秒においてその値が特に安定して求まった．同周期は，中規模の地震による関東堆積盆地内の長周期地震動の卓越周期に対応する[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．また，この安定性は，2013年2月25日の栃木県北部の地震において広域にわたって確認された．このことは，同地震が横ずれ型の浅発地震であるため，Love波の基本モードが強く励起されて伝播したためと考えられる．また，本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

解析で確認された，長周期地震動のPGVの大きい地域において位相速度が安定して求まる傾向も，関東堆積盆地内の長周期地震動がLove波の基本モードによって特徴付けられることを示唆している．

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の空間変化は，周期5.9，6.4，7.3秒において，SBVSMの関東堆積盆地内における東西方向のLove波の基本モードの位相速度の変化と整合した．しかしながら，周期10 秒以上では，安定した位相速度の評価が困難であった．この要因としては，解析に使用した小アレイのサイズが大きくなり，水平方向の構造変化（位相速度変化）の影響を強く受けるようになることが考えられる．本研究では，この他に，地震によっては特定の地域で位相速度が過大評価されることを確認した．解析結果の詳細については，発表時に紹介する．

謝辞

地震動シミュレーションには海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました．地震の発震機構には防災科学技術研究所のF-net MT解を使用しました．

キーワード：Love波、関東堆積盆地、アレイ解析、位相速度、地震動シミュレーション
Keywords: Love wave, Kanto sedimentary basin, array analysis, phase velocity, FDM simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定
Similutanious estimation of amplitude and travel time variation in the transfer function with ACROSS

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2]
*Shuhei Tsuji[1], Koshun Yamaoka[1], Takahiro Kunitomo[1], Toshiki Watanabe[1], Ikuta Ryoya[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

概要

人工震源装置ACROSSにより得られた伝達関数(グリーン関数)の振幅変化と走時変化を同時に推定する手法を開発した。

背景

地震波の振幅変化は実験室レベルの研究では、断層面を透過する波の透過率が断層面の強度と良く対応することなどが知られており(例えば、Nagata et al., 2008)、その変化を調べることは重要である。しかし、地震波の伝播速度変化をクロススペクトル法により議論した研究は多くあるが(例えば、Ikuta et al., 2002; Hobiger et al., 2016)、振幅変化を扱ったものは多くない。また、ACROSSの解析においても従来は時間領域でenvelopeを用いた解析が行われていた。しかし、この方法はノイズが信号強度を見かけ上大きく見せてしまうという欠点があった。そこで、本研究では、伝達関数の振幅変化と走時変化を同時に推定可能で誤差評価もできる新たな手法を開発した。

方法

振幅変化と走時変化の同時推定は、振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定して、複素平面上での最小二乗推定で実現した。評価関数には、各期間の伝達関数を全期間の平均でデコンボルーション（周波数領域における割り算）して得た関数(変化関数)を用いた。従来の走時変化を求める研究では、周波数領域での掛け算(クロスコリレーション)をもちいているため、振幅の情報が失われていた。本手法では振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定し、さまざまな振幅変化と走時変化を持つ変化関数モデルを計算し、実際の変化関数との複素平面上の長さが最小になるものを見つけるというグリッドサーチによる推定を行った。これにより、各周波数のデータの信号ノイズ比が1を下回るようなノイズが大きなデータでも振幅変化や走時変化が推定できる。また、変化関数の誤差は、複素平面上で同心円状の確率密度分布を持つことを利用して、得られた振幅変化と走時変化のノイズ評価を行うことができた。

結果と考察

本研究では、この手法を岐阜県土岐市にある人工震源装置ACROSSのデータに適用し、周辺のHi-net観測点で得られた伝達関数に適応した。その結果、振幅変化と走時変化を同時に推定することができ、本研究の手法で得られた走時変化と従来のクロススペクトル法で得られる走時変化はおおむね誤差の範囲で等しいことも確認できた。一方で、振幅変化の平均が、伝達関数の平均値でデコンボルーションをしているにもかかわらず1にはならない場合があった。これは、複素平面上でのフィッティングの結果を、振幅と位相で解釈をしている数学的扱いが原因と思われる。

キーワード：振幅変化、走時変化、速度変化、人工震源装置、ACROSS
Keywords: Deviation of the amplitude, Deviation of the tarvel time, velocity change, Artificial seismic source, ACROSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

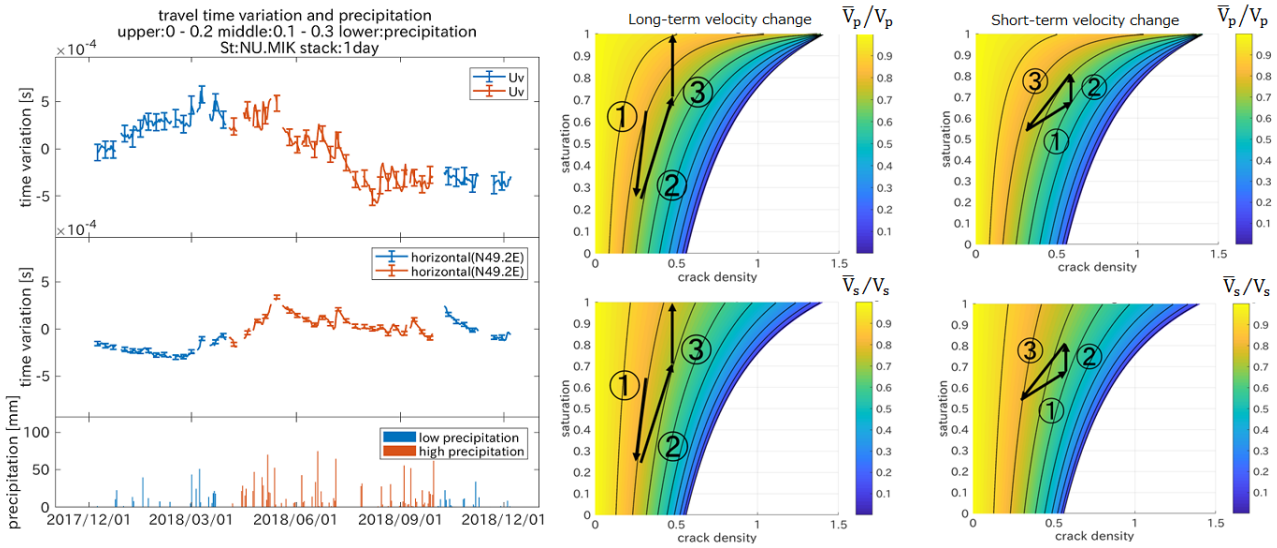
アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出
Temporal variation in travel time of P and S-waves using ACROSS

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2]
*rina suzuki[1], Koshun Yamaoka[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Earthquake and Volcano Research Center,Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University

精密に制御された振動を繰り返し発生させることができる人工震源アクロスによる1年間の観測記録を用いてP波およびS波の走時の時間変化についての解析を行った。本研究で用いた新型アクロス(ACR2014)は愛知県豊橋市に設置されており、回転軸が水平であるため、水平加振だけでなく鉛直方向の加振も行うことができ、従来型よりもP波をよく励起できるという特徴がある。ACR2014の周辺に設置されているNU.MIK, N.THNH, N.MKBHの3観測点の記録を用いて伝達関数を計算した。得られた伝達関数の成分のうち、P波では上下方向の加振による上下成分の記録、S波では水平方向の加振による水平成分の記録を選択した。これらの成分の伝達関数から、クロススペクトル法を用いてP波とS波それぞれの走時変化を計算した。なお、計算にはP波、S波部分としてそれぞれ0.2~0.3秒の範囲を使用した。得られた走時変化を豊橋、三ケ日のAMeDASの降水量の記録と比較すると、NU.MIKでは降水時にステップ的な遅れが生じ、その後回復していくという短期的な変化がP波とS波両方で見られた。このときの回復の傾向はP波とS波で異なっていた。一方、長期的変化の傾向は複数観測点においてP波とS波で異なっていた。このような短期的、長期的な走時変化について、クラック密度と含水クラックの割合の変化と地震波の速度変化の関係を用いて走時変化への降水の影響についての解釈を試みた。クラック密度と含水クラックの割合の変化に伴う速度変化の大きさはP波とS波で異なるため、降水量の多い時期は含水クラックが増加、降水量の少ない期間は含水クラックが減少すると仮定すると、P波とS波で異なる長期的な走時変化を定性的に説明できることがわかった。また、降水時の短期的な走時変化と、P波とS波の回復の違いも長期的変化の場合と同様の仮定によって定性的な説明が可能であった。

キーワード：走時変化、速度変化
Keywords: travel time variation, velocity change



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

Inversion analysis of S coda wave envelope based on radiation transfer theory - Estimation of heterogeneous structure of Izu Oshima volcano -

*植田 尚大[1]
*Takahiro Ueda[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

短周期地震波の観測波形は、その波長スケールに対応する地殻中の不均質な構造に強く影響を受けることがよく知られてる。人工地震源や地震波干渉法など地表面付近の震源を利用した解析では、火山体の浅部堆積物等によって強い不均質性が顕著に現れることが報告されている。一方で、火山構造性地震を利用した解析例は少なく、火山体のやや深部領域（～10km）までの不均質構造の特徴が明らかになっているとは言えない。そこで、本研究では、火山体を一様な不均質媒質と捉えて解析するradiative transfer thoeyに基づくMultiple Lapse Time Window法（Fehler et al. 1992）をもとに、不均質構造を表す散乱減衰と内部減衰値と、解析する地震の地震波輻射エネルギーとサイト増幅特性も求めるインバージョン法を開発し、伊豆大島の火山構造性地震のデータに適用したので報告する。

解析には、伊豆大島のV-net観測点4点で記録された地震波形を用いる。2014年1月から2018年1月までに発生したMw1.5からMw3.5、深さ10km以内の地震150イベントを解析した。地震波形には1-2Hz,2-4Hz,4-8Hz,8-16Hz帯のバンドパスフィルタを施し、それぞれの周波数帯でS波の直達波およびコーダ波のエンベロープ波形を求める。火山体の不均質性を内部減衰と散乱減衰で表し、S波の多重等方散乱の輻射伝達理論に基づきグリーン関数を計算する。その振幅は地盤増幅係数とエネルギー輻射量の積によって表現される。そこで、観測波形および理論エンベロープ波形の対数をとり、線形逆問題を解くことで、エネルギー輻射量および地盤増幅係数を求める。本研究ではさらにインバージョンから求められたエネルギー輻射量と地盤増幅係数を利用して観測エンベロープに対しフィッティングを行い、内部減衰と散乱減衰を再決定する。この操作を繰り返すことで、観測エンベロープに最もよく合う理論エンベロープを導出する。この時、輻射エネルギーの初期値を理論エンベロープのS波到達時刻から計算し、また地盤増幅係数の初期値を、コーダ規格法から求めた。同様の手法はEulenfeld and Wegler(2016)で提案されているが、本研究は2段階のステップを踏むことでパラメータのトレードオフを抑えることができる。

解析の結果、1-2Hz、2-4Hz、4-8Hz、8-16Hz帯で、散乱減衰はそれぞれ0.0393、0.0210、0.0027、0.0001となり、内部減衰は0.0054、0.0056、0.0029、0.0006と求められた。この結果を用いて、エンベロープのインバージョンおよびエンベロープフィッティングの繰り返し操作を行い、理論エンベロープを導出したところ、観測されたエンベロープとの間の分散は0.3程度となった。同様の手法を用いて得られた日本の地殻構造の平均的な値（Calocoré and Sato, 2010）と比較すると、内部減衰の値はほぼ同じである。一方、散乱減衰の値は1.5Hz付近の低周波数領域では10倍程度大きくなった。また、極浅部の結果（Yamamoto and Sato., 2010, Hirose et al., 2019）と比較すると1～2桁程度小さい

以上の結果を踏まえて、伊豆大島においては日本の地殻と比較して散乱減衰が内部減衰に比べて卓越しており、このことは活火山周辺で散乱減衰が大きいという先行研究の結果と調和的であり、地殻の浅い部分の微小な不均質構造の影響が強く現れたと考えられる。また、本研究で提案したエンベロープインバージョン法によって理論エンベロープがよく求まり、輻射エネルギーおよび震源の輻射エネルギーを評価する手法として有効であることが示された。

本研究ではNIED V-netのデータを使用いたしました。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：コーダ波、火山体
Keywords: coda wave, volcanic structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性
Strong motion characteristics at Nagomi-machi, Eta, during the northern Kumamoto pref. earthquake of Jan. 3rd, 2019

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志
*Tomotaka Iwata[1], Kimiyuki Asano[1], Masayuki Yoshimi[2], Takeshi Sugiyama

1. 京都大学防災研究所、2. （国研）産業技術総合研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

We estimate ground motion characteristics of Eta, Nagomi-machi, Kumamoto, during the 2019 Jan. 3rd northern Kumamoto earthquake (MJ5.5). The JMA seismic intensity of 6weak was observed at the site. Before this event, we have conducted the microtremor array measurement and obtained that the thin (about 20m) superficial layer with a S-wave velocity of less than 0.2km/s. We also estimated site amplification factor by the spectral inversion method (Somei et al., 2018). The site amplification factor shows the predominant period of about 0.4s for weak motion data. After the mainshock, we have conducted additional microtremor array measurement to give a more in-detail information in the area and single station H/V observations just beside of the seismic intensity meter and outside of the building for checking the effects of station setting of this site. In this moment, there is no significant effect of the station setting because of the similar H/V spectral ratio between the site and the one outside of the building in this period range. We also noticed that the predominant period of observed horizontal motions of the mainshock is about 0.5s, that is a little bit longer than that of the site effect for the weak motions. This would be caused by the non-linear behavior of the superficial layer during the strong shaking. Strong motion data are provided by JMA and Kumamoto prefecture. Microtremor observations and spectral inversion were conducted by the Comprehensive Research Project for the major active faults related to The 2016 Kumamoto Earthquake (2016FY-2018FY), Mext.

キーワード：2019年1月3日熊本県北部地震、和水町江田
Keywords: 2019 Northern Kumamoto prefecture earthquake , Eta, Nagomi-machi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－

Effects of the heterogeneous crustal structure on the amplitude fluctuation of high-frequency seismic waves

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

近地地震の高周波数帯（約1 Hz以上）の直達波には，地殻構造の短波長のランダム不均質性（地震波速度の数%程度の揺らぎ）の影響による振幅のばらつきが見られる（Yoshimoto et al., 2015）．この現象の震源付近（震源距離40 km程度以下）における特徴は，均質な背景構造にランダム不均質性を重畳したモデルによって概ね説明できる．しかしながら，解析対象領域が広くなると，単純な背景構造モデルでは，地震波の伝播経路の複雑化を表現できなくなる可能性がある．本研究では，地殻内地震を対象にした地震動シミュレーションに基づいて，解析対象領域が広い場合に，背景構造としての不均質な３次元地殻構造がS波振幅のばらつきに与える影響について調べた．

計算・解析手法

西日本の中国地方で発生する地殻内地震を想定して差分法による地震動シミュレーションを実施した．技術的な詳細はTakemura et al. (2017)と同様であり，計算領域の大きさは256×256×80 km^3，格子間隔は0.05 kmとした．計算時間間隔は0.0025 sとした．観測点は間隔5 kmでグリッド状に2601点配置した．背景の3次元地震波速度構造には全国１次地下構造モデル（JIVSM; Koketsu et al., 2012）を使用し，地殻内にTakemura et al. (2017)によるランダム不均質性（指数関数型，揺らぎの大きさ3%，相関距離1 km）を重畳した．対象とした地震は2011年11月25日に島根・広島県境の深さ14 kmで発生した横ずれ型の地震で，震央の位置を固定し，震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを実行した．ダブルカップル型の点震源，継続時間0.1秒のcos関数型震源時間関数（Maeda et al. 2017）を使用した．得られた速度波形に0.5-1, 1-2, 2-4 Hzのバンドパスフィルターを適用して最大地動速度振幅（PGV；以下，単に振幅）を求め，その空間変化を詳しく調べた．

結果・議論

横ずれ型の発震機構の震源輻射の影響で，震源付近では大きな振幅が十字型の方位分布で観測された．この十字型の見掛け輻射特性は，震源距離の増大とともに，地殻構造のランダム不均質性の影響で不明瞭になった．このような特徴は，散乱モデルや観測記録からも確認されている（Yoshimoto et al., 2015; Takemura et al., 2016）．震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを行うと，特定の深さでは見掛け輻射特性が非対称的に崩れることが確認された．震源距離に対して振幅をプロットすると，非対称的な崩れの発現によって，振幅のばらつきが有意に大きくなることが分かった．このような解析結果は，地殻構造のランダム不均質性の影響では説明できない．そこで，地表地形，コンラッド面，モホ面などの設定条件を変えて地震動シミュレーションを実行した．その結果，震源がコンラッド面の上方に近接する場合に，コンラッド面のS波反射の影響によって見掛け輻射特性の非対称的な崩れが発現することが確認された．以上の結果は，震源距離40 km程度以上では，地殻構造の不均質性の一要因として，コンラッド面（地震波速度変化10%程度）がランダム不均質性と同様に，地殻内地震の強震動に大きなばらつきを引き起こす可能性を示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：高周波数地震動、振幅のばらつき、地殻構造の不均質性、コンラッド面、地震動シミュレーション
Keywords: High-frequency seismic ground motion, Amplitude fluctuation, Random crustal heterogeneity, Conrad discontinuity, Seismic ground motion simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

Long-duration long-period ground motion in Hokkaido during off-Tohoku earthquakes (2) Roles of crust and Pacific slab

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3]
*Shinako Noguchi[1], Takuto Maeda[2], Takashi Furumura[3]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2. 弘前大学大学院理工学研究科、3. 東京大学地震研究所
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

比較的規模の大きな（M>6.5）東北地方太平洋沖の地震の際に，北海道で大振幅かつ長周期の後続相が観測された．これは野口・他（2017, JpGU）で報告された，石狩平野から太平洋沖にかけての大規模堆積盆地による長周期の後続相とは異なり，堆積盆地以外にも北海道の広い範囲で観測された．本研究では，3次元地下構造モデルを用いた差分法による地震波動伝播シミュレーションにより発見された新たな長周期後続相の生成メカニズムについて述べる．

この長周期の後続相は，東北地方太平洋沖で発生した地震の際に，南西部の数点を除く北海道のF-net観測点全般で観測された．一方，この後続相は東北地方の内陸地震，東北沖のアウターライズ地震や，より北海道に近い地点で発生した地震の際には観測されなかった．この後続相の卓越周期は，地震によって異なるが概ね15～25秒であった．観測波形の特徴はradial成分・vertical成分とtransverse成分によって異なり，それぞれRayleigh波およびLove波とみられる．概してLove波の方がRayleigh波より到達が早く，またより長い周期を示した．これらの波形は両者ともに正の分散を示した．

この後続相の成因を解明するための波動伝播シミュレーションには，差分法のプログラムパッケージOpenSWPC（Maeda et al., 2017）を使用した．モデル構造には海水，地形，堆積層を含むJIVSM（Koketsu et al., 2012）に加え，Matsubara et al. (2017)による日本付近のモホ面深さのモデルおよびKita et al. (2010)による太平洋スラブ上面深さモデルを使用した．

波動伝播シミュレーションにより，以下の2つの現象が明らかになった．ひとつは，日本海溝の西側に沿って南北に伝播するRayleigh波の後続相である．この後続相のうち北へ向かう方は，石狩沖の堆積盆地で転換され，北海道に広く伝播した．もうひとつは，日本海溝と千島海溝の会合点付近に現れたLove波で，これは上記のRayleigh波より少し早く北海道へ広く伝播した．

これらの現象の背景を探るため，東北沖から北海道にかけて表面波の群速度・位相速度の分布を調べた．まずRayleigh波（周期20秒付近）については，日本海溝の西側に帯状の低速度帯がある事が分かった．これは地下の太平洋スラブ上面の低速度層に起因するもので，Rayleigh波の低速で長く続くガイドウェーブを発生させ得る．Love波についてはこのような低速度帯はみられなかったが，大陸と海洋の地殻の厚さの違いに起因して，海溝の海側と陸側に著しい速度コントラストがみられた．このような場合，Love波の波線は低速度側へ屈折する．それらが北海道沖の日本海溝と千島海溝の会合点に到達すると，そこから北海道側へ放射されると考えられる．

以上より，東北沖の地震の際に北海道で広く観測される大振幅・長周期の後続相の原因は，石狩平野から太平洋沖の大規模堆積盆地だけでなく，東北沖から北海道にかけての地殻および太平洋スラブの構造にも起因するという事が明らかになった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：長周期地震動、沈み込み帯、波動伝播シミュレーション
Keywords: Long period ground motion, Subduction zone, Wave propagation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation –a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1], Yuancheng Gung[2], Ling-Yun Chiao[3]

1. Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan., 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan., 3. Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Over the past decade, the probing of Earth structures using seismic ambient noises has been widely used by seismologists and is now a well-developed technique. Based on an implicit high-frequency approximation, the consensus is that the noise cross-correlation function (NCF) of continuous seismic records resembles the Green’ s Function (GF) of the far-field surface wave between sensors. This perspective leads to the application of the long interstation distance criterion in the dispersion measurements, and, accordingly, much of the low-frequency content in the NCF is rejected. Herein we show that, for a far-field source, the NCF used in most surface wave studies should not be considered as representative of the empirical Green’ s Function (EGF); instead, it is simply the interference product between sensors. We present a theoretical derivation of an explicit definition for a “high-frequency approximation” and clarify the relationship between the NCF and the EGF. Furthermore, we propose a new method to measure the NCF dispersion, in which the phase velocity is estimated by matching the peak delay time observed in the time domain NCF to the one predicted by the theoretical complex NCF signals. In this hybrid peak time matching technique, the long interstation distance is no longer a required condition and phase velocities can be determined more precisely at lower frequencies. Therefore, this permits the investigation of deeper structures using noise data.

Keywords: phase velocity measurement, Empirical Green’ s Function, ambient noise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波可聴化による動的誘発地震の探索
Dynamic Triggering Earthquakes Exploration by Sonification of Seismograms

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3]
*Takahiko Uchide[1], Yota Morimoto[2], Masaki Matsubara[3]

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3. 筑波大学図書館情報メディア系
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Institute of Sonology, Royal Conservatory of the Hague, 3. University of Tsukuba

われわれは動的誘発地震探索のための地震波可聴化を提案してきた(内出ほか, JpGU, 2016, 2018; Matsubara et al., 2016)。2011年東北地方太平洋沖地震の可聴化では、岐阜県飛騨地方における動的誘発地震を聴き取ることに成功した。地震学者が地震波可聴化をしやすくなるよう、Sonification of Seismograms (SoS)システムを構築している(Uchide et al., JpGU, 2018)。SoSでは、短い時間窓の中での地震波形の最大の絶対値と零交差の個数に応じた振幅と音程の音を割り当てることで可聴化を行っている。

本研究では、近年の大地震による動的誘発地震をSoSによる可聴化により探索した。2011東北地方太平洋沖地震では、飛騨地方での動的誘発地震はM 4.2であり、比較的大きいものであった(大見ほか, 2012)。より小さい動的誘発地震を見つけ出すことは、より難しくなる。観測点の地域を限って可聴化することで、動的誘発地震が発生した場所、していない場所を特定できると考えられる。

ポスターでは、可聴化音を聴く機会を提供するほか、SoSのデモンストレーションも行う。

謝辞

本研究では、Global CMTカタログと防災科学技術研究所のHi-net、気象庁、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所の地震波形データを使用しました。本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究(B)）(17K14386)によって行いました。

キーワード：地震波、可聴化、動的誘発地震
Keywords: Seismograms, Sonification, Dynamic Triggering Earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響
The effect of P-wave velocity on the ellipticity of Rayleigh waves in a transversely isotropic medium

*福島 駿[1]、蓬田 清[1]
*Shun Fukushima[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室
1. Hokkaido University,Graduate school of Science,Department of Natural History Sciences,Seismology Laboratory

表面波の波形記録から地球表層の地球内部構造を推定する際、表面波が伝搬する2点間 の位相速度や群速度の分散曲線がこれまで用いられてきた。これとは別にレイリー波の楕 円率からも観測点の近くの場所での地球内部構造を推定できることが知られている (e.g., Tsuboi & Saito, 1983)。レイリー波の楕円率は固有関数の地表面での振幅比で定義され るため、位相速度よりも浅い部分の地球内部構造に感度が高く、より浅い部分の地球内部 構造を調べる際に有効である。強震動の研究分野でのサイト特性を簡便に評価するため に、常時微動の水平と上下成分の振幅比, H/V 値が用いられるが、基本的には同じ原理で ある。等方性媒質のおける楕円率の速度の深さ分布などに対する感度カーネルは Tsuboi & Saito (1983) や Tanimoto & Tsuboi (2009) で求められた。しかし、例えば細かな互 層の堆積層などでは、鉛直・水平方向で弾性定数が異なる鉛直異方性の効果が無視できな い場合もありえる。レイリー波は P-SV 波速度に対応するので等方性媒質と鉛直異方性媒 質では、S 波速度よりも P 波速度の楕円率への影響について調べる必要がある。鉛直異 方性媒質では弾性定数が5つとなり (A, C , L, N .F)、密度と弾性定数より表面波伝搬は等 方性媒質とほぼ同様に定式化できる。本研究では、鉛直異方性媒質における楕円率の感度 カーネルを定式化し、その影響を検討した。等方性媒質と同様に、変分原理と相反原理を 用いて、線形関係を求める。その時には通常の固有関数とは別に、媒質パラメータの変動 に対する扁平率の変動の表面で応力テンソルの一成分(ここでは垂直成分)を有限とする 人工的な固有関数と組み合わせる。等方性媒質における P 波速度の感度カーネルは S 波 速度のそれよりも小さく、より浅い部分にのみ感度を持つ。求められた P 波速度の感度 カーネルは、鉛直異方性媒質で PV 波速度と PH 波速度の感度カーネルの足し合わせにな る。重要な特徴として PV 波速度と PH 波速度は逆符号の感度を持つため、等方性媒質 でその和となるので P 波速度の感度カーネルが小さい。さらに等方性の P 波速度の感度 カーネルと鉛直異方性の PH 波速度のそれを比べると、PH 波速度の感度が大きく、イン バージョン法を用いて内部構造を推定する際により正確な推定ができると期待する。

キーワード：パーティクルモーション、鉛直異方性、レイリー波
Keywords: Particle motion, Transverse isotropy, Rayleigh wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1]
*Ryuichi Kunugi[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

The Earth’s background free oscillations (BFO) are slightly and continuously excited free oscillations of the solid Earth persistent even in seismically quiet periods [Nawa et al. 1998; Suda et al. 1998; Kobayashi and Nishida 1998; Tanimoto et al. 1998]. The observed modes are fundamental modes, suggesting that the excitation sources are atmospheric and oceanic disturbances [e.g. Nishida 2013]. Amplitude of BFO exhibits seasonal variations [Nishida et al. 2000]. Along with such a periodic variation, there may exist transient variations correlated with atmospheric/oceanic phenomena.

The target modes are fundamental modes ${}_0S_{22}$-${}_0S_{43}$ at frequencies between 3 and 5 mHz because they are most clearly observed in the frequency domain. We used vertical records of STS-1 broadband seismometers at 65 quite seismic stations downloaded from IRIS DMC. The data periods are from 2000 to 2017. The analysis method is mainly the same as used in Nishida et al. (2000). Continuous records were divided into 3-days records with a step of 1 day. After applying the Hanning taper, each record was converted into power spectral density (PSD) with the correction of system response. To reject noisy data, we used the data whose mean PSD values at 3-5 mHz are between 10^{-19} and 10^{-18} m^2/s^3. The remained PSDs were then stacked over all the stations to create monthly averaged PSDs. To avoid the influence of temporally changing PSD baseline due to the random background noise, we averaged the PSD values in the mode and the noise frequency bands, and then the averaged noise PSD is subtracted from the averaged signal PSD.

We used two methods of time series analysis for the statistical analysis of long-term variations in amplitude of BFO: one is based on the state-space model and the other is on the regression model. In the state-space analysis we adopted the local level model with seasonal variations, which divide time series into random noise, seasonal variations and a long-term trend. In the regression analysis we adopted the model that consist of random noise, seasonal variations and a long-term trend. We used the R packages dlm and prophet for the state-space and the regression analyses, respectively.

The result obtained in the space-state analysis shows the long-term variation with a time scale of 10 years from 2002 to 2012: the minimum is in 2002 and 2012 and the maximum is in 2008. The long-term trend obtained in the regression analysis shows almost the same characteristics: the minimums in 2000 and 2012 and the maximum in 2008. Thus, we for the first time robustly obtained the nearly 10-year variation in amplitude of BFO from the two different time-series analyses. We can utilize data of infragravity waves at frequencies between 3-30 mHz from WAVEWATCH III. We will show the result of comparison between

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

BFO and infragravity waves in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1]
*Keiko Kuge[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

Following a large deep earthquake beneath Ogasawara Islands on 30 May, 2015, an aftershock (mb 4.9) took place at a depth of 678 km (USGS). P and S waves from the aftershock were recorded by F-net broadband stations in Japan at distances of 1 to 18 degrees. The aftershock is small enough to neglect source effect. Here I explore structure effect on the shear wave propagation. SH waves recorded by the transverse directions in western Japan were generally characterized by a single pulse. The peaks of the SH waves tend to arrive earlier than those of the SV waves in the radial directions. The dominance of a single pulse in the SH waves can be explained by the iasp91 model with the 660 km discontinuity shallower than the aftershock. When the 660 km discontinuity is assumed to be deeper than the aftershock, additional signals predicted in radial components can apparently cause different peak time arrivals between SH and SV waves. However, in these cases, the SV peaks arrive earlier than the SH peaks, which cannot fit the observations. It is thus more likely that the observed peak time difference is attributed to anisotropy. Because signals due to crustal reflection are predicted in the radial components ~6 sec after the direct S waves, shear wave splitting parameters were carefully estimated by using initial portions of S waves. The fast directions obtained in western Japan are nearly in the east-west, which looks different from the fast direction observed for a nearby deep earthquake in the Wadati-Benioff zone. We cannot see systematically early arrivals of SH peaks from Fiji earthquakes in a similar back azimuth. The anisotropic regions may be located deep.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について
On the estimation of G discontinuity in the oceanic upper mantle using ScS reverberations

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1]
*Jumpei Maruyama[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Kawakatsu (2016, GJI)で新しく導入されたVTIの第五パラメータη_κが地震波に与える影響を検証した際に,北西太平洋のlithosphere--asthenosphere system (LAS) において,ScSリバーバレーションを用いた解析 (Bagley et al., 2009)の結果と表面波を用いた解析 (Isse et al., 2019)の結果で鉛直S波速度β_Vの構造が大きく異なることが分かった.これは新パラメータη_κに対するScS波解析と表面波解析のそれぞれの感度が異なることに起因し,海洋LASにおける異方性の特徴を反映している可能性がある.より詳細な検証を行うために,先行研究以降に増加した観測データを用いScS波の再解析を行う事とした.

従来の研究で用いられた手法 (Revenaugh & Jordan, 1991)はScSリバーバレーション波に二段階の解析を行うことで地殻とマントル全体のパラメータ,マントル内反射面のパラメータを推定するものだが,これは太平洋沿岸の陸域に向けて提出された手法であり,特に上部マントルにおいて大きく状況が異なる海洋地域でそのまま用いることができるかは厳密には検証されてこなかった.そのため,海洋のモデルで計算したfull wave理論波形に対して簡略化した手法を適用することで,従来行われていた解析の検証を試みた.その結果,海洋下のような強いG不連続面を持つ場合において,既存の手法ではGからの反射波による波形の歪みのために,減衰率Q^{-1}や上部マントルの不連続面の反射系数について正しい推定が行われない可能性があることが明らかになった.

今後は海洋でも正確な解析が行えるようにScS波解析手法を改善し,先行研究が対象とした期間以降に北西太平洋の日本-ハワイ間で観測されたより多くのデータを用いることと合わせて,既存の研究で得られたモデルとの比較を試みる.

キーワード：ScSリバーバレーション、G不連続面、リソスフェア–アセノスフェア系、北西太平洋
Keywords: ScS reverberations, G discontinuity, lithosphere-asthenosphere system, northwest Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

Short-period body wave (1-3 Hz) extraction from ambient noise records observed at seafloor and borehole in the Nankai subduction zone

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1]
*Takashi Tonegawa[1], Toshinori Kimura[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the Nankai subduction zone, a cabled-network, named DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis), and borehole stations connected to the DONET have been constructed. The station spacing of DONET is 15-20 km, but, corporating it with borehole sensors, some of station pairs have station spacing less than 15 km. We attempted to extract body waves by applying cross correlation analysis to ambient noise records observed at the southern part of those stations, because borehole sensors have constructed near the trough.
As a result, we found eight pairs showing P wave in the cross correlation functions (CCFs) at frequencies of 1–3 Hz, which emerged before T-wave. In the case of station spacing less than 5 km (2 pairs), P wave extraction required only one-day stacking of ambient noise records, but other pairs required 10–30 days. Although the reason for unstable retrieval on the pairs and time periods for stacking is still under debate, the retrieved P-wave was stable over the observation periods.

キーワード：地震波干渉法、常時微動、実体波
Keywords: Seismic interferometry, ambient noise, body wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netで観測されるT波エンベロープの特徴
Characteristics of T-wave envelopes observed by S-net

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1]
*Kentaro Emoto[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohokuk University

海底地震津波観測網S-netが整備されたことにより，海域でのネットワーク観測が可能となった．陸域と異なり，S-netの地震計には，P波やS波の後にT波が顕著に観測される．T波は，海水中を音波として伝わる波であり，音速の低速度層（SOFAR チャネル）内にトラップされることで遠地まで伝わる．この性質を利用して，T波は震源近傍に観測点がない核実験や海底火山のモニタリングに使用されてきた[Okal, 2008]．T波パルスの幅と振幅を用いると，核実験と自然地震の区別が可能である[Talandier & Okal, 2001]．T波の立ち上がり時間[Yang & Forsyth, 2003; Dziak et al., 2005]や実体波とT波の振幅比[Wech et al., 2018]が，地震の深さに依存することが知られている．これらの研究は，変換点から遠地で観測されるT波を用いて行われてきた．S-netではネットワーク内の近地の地震によるT波を捉えることが可能であるため，地震波と海中音波の変換過程を詳細に調べることが可能である．本研究では，S-netで捉えられたT波のうち，変換点がネットワーク内にあると推測でき，また孤立的な形状を示すT波の特徴を調べた．複数の変換点もしくは共鳴により，いくつもT波が連続している場合や，顕著なピークを持たないT波は対象外とした（例えば，小笠原諸島付近での深発地震）．

S-netの速度型地震計に8-16Hzのバンドパスを適用し，３成分の二乗和を計算することでエンベロープを作成した．T波エンベロープの立ち上がりは，S波コーダに埋もれている場合や，不明瞭な場合が多い．そのため，エンベロープ幅は，到達時刻に依存しない指標として，振幅が最大値の1/3を超える時間（$\tau_{1/3}$）や，標準偏差に相当するT_{rms}を指標とする．T波の大きさは，二乗エンベロープの時間積分に比例するTPEF（T-phase energy flux）[Okal et al., 2003]を指標とする．次に，T波エンベロープの特徴を示す．

T波の伝播速度はおよそ1.5 km/sであるが，水深が深い観測点ほど速い場合も見られた．エンベロープ形状は，ピークまでゆるやかに立ち上がり，その後減衰する．地震波エンベロープと異なり，立ち上がりと減衰の時間スケールが同様である場合が多い．これは，伝播過程での散乱の影響によりエンベロープ形状が規定される地震波と異なり，T波のエンベロープ形状は，地震波から音波への変換過程に大きく依存しているためだと考えられる．ただし，T_{rms}は距離とともに増加傾向を示すこともあり，T波にも伝播過程での散乱の影響は含まれていることを示唆する．これは，海底地形が比較的平坦な場所では，エンベロープ幅が距離に依存しないという観測事例とは異なる[Yang & Forsyth, 2003]．$\tau_{1/3}$は観測点の水深が浅いほど小さい傾向が多いが，例えば三重会合点付近の地震では複雑なT波エンベロープのため，浅い観測点でのエンベロープ幅にはばらつきが大きい．エネルギーに関しては，深い観測点ほどTPEFが大きい．これは，日本列島に向かって水深が浅くなり，T波が反射して浅い観測点に十分なエネルギーが届かないためだと考えられる．三重会合点付近の震源の場合，T波は主に海溝沿いに伝播する様子が見られた．TPEFは距離とともにべき乗で減衰するが，減衰の速さは-1乗から-6乗まで震源により異なる．プレート境界型地震やスラブ内地震と比べ，アウターライズ地震で顕著なT波が見られた．これは，海溝の東側で太平洋プレートが下り傾斜になっている場所で，地震波が音波に変換され，SOFARチャネルに対し浅い角度で入射し，効率よくトラップされるためである．日本列島下で発生する深さ100km程度のスラブ内地震では，走時から推測されるT波生成場所が震央と異なり海溝付近であった．スラブ内を伝播した地震波が海溝付近でT波に変換される現象だと考えられる．この変換は強い指向性が見られた．

以上のように，S-netで観測されるT波は，海底地形や地下構造の影響を強く受けていることが明らかに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった．今後，差分法シミュレーションや放物型方程式に基づいて弾性体と海水を含む波動伝播のモデリングを行い，本研究で観測されたT波エンベロープの特徴を説明することで，弾性波と音波の変換過程の理解を深めることが可能であると考えられる．

謝辞

防災科学技術研究所が運営する日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を使用させていただきました．

キーワード：T波、エンベロープ、S-net
Keywords: T-wave, Envelope, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

Reverse time reflection imaging of active and passive seismic data with ocean-bottom seismographs

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1]
*Kazuya Shiraishi[1], Takao Nibe[2], Yasuhiro Yamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 石油資源開発(株)
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd.

はじめに

海底地震計を用いた地殻構造探査や広域地震観測では、受振点間隔の広い受振点群を用いた探査・観測となる場合が多く、観測の空間的欠如を補う工夫が必要である。一方、新規または既設の光ファイバーを利用した地震動の観測が試みられ、ケーブルに沿って稠密な地震観測を可能とする技術革新が起こりつつある。この場合は膨大な情報を効率的に活用する解析技術の研究開発もまた必要である。反射法地震探査では、複雑な地下不均質構造をイメージングするために、波動論に準拠して全波動場を利用するリバースタイムマイグレーションが有効である。本研究では、能動的探査と受動的観測の両方で利用するためのリバースタイムによる反射波イメージング手法を開発、それぞれの問題についてケーススタディを実施する。

解析手法

A. 基本型：発振点-受振点の組合せ

人工震源を用いた能動探査や震源の位置が正確に決定された自然地震観測の場合、反射法解析の基本である、発振点ー受振点の組合せによる一次反射波を利用する解析が有効である。リバースタイム法による反射波イメージングでは、観測波形を受振点から動画を逆再生するように逆伝播した波動場と、震源からは震源関数を順方向へ伝播させた波動場をそれぞれ地震波モデリングで再現し、同一時刻の両波動場の相関結果を時間積分することで、イメージ領域内の反射面や散乱体を結像させる。

B. 改良型：受振点-受振点（または発振点-発振点）の組合せ

震源情報の不確かな自然地震の観測波形の解析に有効な方法を提案する。この場合、震源から出た地震波が、海底の地震計へ届いた後に地下深部へ進み、地層境界で上方に反射して別の地震計へ到達する波線経路を考慮すると、一方を仮想的な震源として他方で受振点とする波線と同等と考えることができる。そこで、一方の地震計で観測した波形を順伝播させた波動場と、他方の地震計に届いた観測波形を逆伝播した波動場を干渉させることで、地下の反射面をイメージングする。エアガンー海底地震計探査の場合、相反原理により、エアガン発振点を起点に海面起因の多重反射波を利用できる。

ケーススタディ

(1) 南海トラフにおけるエアガン-海底地震計探査データ

測線長約170km（発振点間隔200m、受振点間隔1～10km）のエアガン海底地震計探査に適用した。このとき、相反定理を用いることで、海底地震計からエアガン発振点の間の一次反射波について、基本型により解析し、エアガン発振点を起点とする多重反射波には改良型を適用して、それぞれの結果を足し合わせることで最終イメージを得た。その結果、オフセット距離の長い記録を利用して付加体深部の構造（沈み込むプレートと新旧付加体の関係）と、多重反射波による浅部の構造（底面に起伏を有する堆積盆地）を明瞭にイメージングすることができた。

(2) 自然地震観測を模した数値シミュレーション

自然地震観測を模して、数値シミュレーションを行い、改良型リバースタイム法による反射波イメージングを試みた。海底観測と陸上観測では、境界条件（地震計より上位に海水層があるか否か）が異なり、海域観測の場合には海水層の存在による多重反射波が卓越する。陸上観測と海底観測のいずれの場合も、提案手法によって地下構造のイメージが可能であることを確認した。また、海水層のあることで卓越する多重反射波の効

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

果により地下の反射点が広がるので、観測点がまばらになった場合に、反射面の連続性を改善する効果を期待できる。

謝辞：本研究は、JAMSTECイノベーションアウォード萌芽研究プログラムによりサポートされています。

キーワード：反射波イメージング、リバースタイムマイグレーション、海底地震計
Keywords: reflection imaging, reverse time migration, ocean-bottom seismograph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_30

[S-SS11] 地震波伝播:理論と応用

コンビーナ:西田 究(東京大学地震研究所)、白石 和也(海洋研究開発機構)、新部 貴夫(石油資源開発株式会社)、澤崎 郁(防災科学技術研究所)

地震波は地下の不均質構造や励起源の情報を豊富に含んでいる.そのような豊かな情報を効率よく抽出するためには,地震波動論に基づく数理的・数値的研究,岩石試料を用いた物理実験,実際のデータ解析による検証することが必要不可欠である.さらに近年の観測技術の進展にともなって,弾性波,音響波,移動性電離圏擾乱,津波といった様々な波動現象の観測事例が増えてきた.これらの現象を包括的に理解する枠組みを構築することは,今後新たな研究分野を切り開く意味でも重要であろう.このセッションでは,地震学,物理探査学の分野を中心に,波動論・室内実験の基礎的研究から,実データを用いた不均質場の定量的把握に関する実用的な成果までを募集し,不均質媒質における波動伝播の総合的な理解を深めることを目的とする.

[SSS11-P01] アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み −地震動シミュレーション波形を用いた検討−

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P02] ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.静岡大学理学部)

[SSS11-P03] アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2] (1.名古屋大学大学院環境学研究科、2.名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター)

[SSS11-P04] 輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

*植田 尚大[1] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻)

[SSS11-P05] 2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志 (1.京都大学防災研究所、2.（国研）産業技術総合研究所)

[SSS11-P06] **高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 ー３次元地震動シミュレーションによる数値実験ー**

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2] (1.横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2.防災科学技術研究所)

[SSS11-P07] 東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3] (1.公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2.弘前大学大学院理工学研究科、3.東京大学地震研究所)

[SSS11-P08] Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation – a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1]、Yuancheng Gung[2]、Ling-Yun Chiao[3] (1.Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan.、2.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.、3.Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)

[SSS11-P09] 地震波可聴化による動的誘発地震の探索

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3] (1.産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2.ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3.筑波大学図書館情報メディア系)

[SSS11-P10] 鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響

*福島 駿[1]、蓬田 清[1] (1.北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室)

[SSS11-P11] Time series analyses of amplitude of the Earth's background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1] (1.広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

[SSS11-P12] Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室)

[SSS11-P13] ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS11-P14] 南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1] (1.海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター)

[SSS11-P15] S-netで観測されるT波エンベロープの特徴

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1] (1.東北大学大学院理学研究科)

[SSS11-P16] 海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1] (1.海洋研究開発機構、2.石油資源開発(株))

アレイ解析による東京湾岸北部におけるLove波の位相速度推定の試み –地震動シミュレーション波形を用いた検討–

Estimation of Love wave phase velocity based on array analysis in the northern Tokyo bay area : Numerical experiments using synthetic seismograms

*島津 香織[1]、吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kaori Shimazu[1], Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

関東堆積盆地は厚さ数km以上の堆積層に覆われているため，周期数秒以上のやや長周期地震動（以下，単に長周期地震動）が頻繁に観測される[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．長周期地震動を引き起こす表面波は，堆積層と地震基盤の3次元的な不均質構造の影響を受けて，空間的に複雑に伝播することが知られている[例えば，Furumura and Hayakawa (2007)]．表面波の伝播特性の解明と堆積盆地構造の正確な把握は長周期地震動の予測精度向上のために重要であり，その方策のひとつとして関東平野に高密度に設置された地震観測点を利用したアレイ解析が考えられる．本研究では，地震観測記録を用いた表面波の伝播特性の把握と堆積盆地構造の推定を目指して，ビームフォーミング解析によりLove波の位相速度を求める試行的な実験を地震動シミュレーションの速度波形を対象に実施した．

データと解析方法

2011年3月19日の茨城県北部の地震（M_W 5.8），2013年2月25日の栃木県北部の地震（M_W 5.8），2014年11月22日の長野県北部の地震（M_W6.3）など方位の異なる複数の地震を解析対象とした．地震波速度構造モデルSBVSM[増田・他 (2014, 地震学会); Takemura *et al.* (2015)]，F-net MT解によるダブルカップル型の点震源を用いて，差分法に基づいた地震動シミュレーションを実施した．同シミュレーションでは，4356点の仮想観測点（以下，高密度仮想観測点; 北緯35.5～35.9度，東経139.4～139.9度，750 m間隔）における地動速度波形を合成した．

ビームフォーミング解析[Riahi *et al.* (2013)]では，高密度仮想観測点を用いて局所的な小アレイを構成し，水平動成分（NS成分とEW成分）の速度波形を一括して解析した．小アレイのサイズは，解析周期（5.9，6.4，7.3，8.5，10.2，12.8秒）によって6～24kmの範囲で変化させた．解析時間は，水平動成分のエネルギーエンベロープが最大になる時間を中心に51.2秒間とした．ただし，評価結果の解析時間依存性について検討するために，この設定時間を変化させた解析も行った．

解析結果

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の大きさは，SBVSMを局所的に水平成層構造で近似して求めたLove波の基本モードの位相速度の大きさと概ね一致した．求めた分散曲線では，正分散の特徴も明瞭に確認された．このような結果より，ビームフォーミング解析によって，堆積盆地内を複雑に伝播するLove波の位相速度を概ね正確に評価できることが示された．

位相速度の評価では，周期5.9秒においてその値が特に安定して求まった．同周期は，中規模の地震による関東堆積盆地内の長周期地震動の卓越周期に対応する[例えば，Yoshimoto and Takemura (2014)]．また，この安定性は，2013年2月25日の栃木県北部の地震において広域にわたって確認された．このことは，同地震が横ずれ型の浅発地震であるため，Love波の基本モードが強く励起されて伝播したためと考えられる．また，本

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

解析で確認された，長周期地震動のPGVの大きい地域において位相速度が安定して求まる傾向も，関東堆積盆地内の長周期地震動がLove波の基本モードによって特徴付けられることを示唆している．

ビームフォーミング解析で求めた位相速度の空間変化は，周期5.9，6.4，7.3秒において，SBVSMの関東堆積盆地内における東西方向のLove波の基本モードの位相速度の変化と整合した．しかしながら，周期10 秒以上では，安定した位相速度の評価が困難であった．この要因としては，解析に使用した小アレイのサイズが大きくなり，水平方向の構造変化（位相速度変化）の影響を強く受けるようになることが考えられる．本研究では，この他に，地震によっては特定の地域で位相速度が過大評価されることを確認した．解析結果の詳細については，発表時に紹介する．

謝辞

地震動シミュレーションには海洋研究開発機構の地球シミュレータを使用しました．地震の発震機構には防災科学技術研究所のF-net MT解を使用しました．

キーワード：Love波、関東堆積盆地、アレイ解析、位相速度、地震動シミュレーション
Keywords: Love wave, Kanto sedimentary basin, array analysis, phase velocity, FDM simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ACROSSによる地震波伝播特性の振幅変化と走時変化の同時推定
Similutanious estimation of amplitude and travel time variation in the transfer function with ACROSS

*辻 修平[1]、山岡 耕春[1]、國友 孝洋[1]、渡辺 俊樹[1]、生田 領野[2]
*Shuhei Tsuji[1], Koshun Yamaoka[1], Takahiro Kunitomo[1], Toshiki Watanabe[1], Ikuta Ryoya[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 静岡大学理学部
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Faculty of Science, Shizuoka University

概要

人工震源装置ACROSSにより得られた伝達関数(グリーン関数)の振幅変化と走時変化を同時に推定する手法を開発した。

背景

地震波の振幅変化は実験室レベルの研究では、断層面を透過する波の透過率が断層面の強度と良く対応することなどが知られており(例えば、Nagata et al., 2008)、その変化を調べることは重要である。しかし、地震波の伝播速度変化をクロススペクトル法により議論した研究は多くあるが(例えば、Ikuta et al., 2002; Hobiger et al., 2016)、振幅変化を扱ったものは多くない。また、ACROSSの解析においても従来は時間領域でenvelopeを用いた解析が行われていた。しかし、この方法はノイズが信号強度を見かけ上大きく見せてしまうという欠点があった。そこで、本研究では、伝達関数の振幅変化と走時変化を同時に推定可能で誤差評価もできる新たな手法を開発した。

方法

振幅変化と走時変化の同時推定は、振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定して、複素平面上での最小二乗推定で実現した。評価関数には、各期間の伝達関数を全期間の平均でデコンボルーション（周波数領域における割り算）して得た関数(変化関数)を用いた。従来の走時変化を求める研究では、周波数領域での掛け算(クロスコリレーション)をもちいているため、振幅の情報が失われていた。本手法では振幅変化と走時変化は周波数によらず一定であると仮定し、さまざまな振幅変化と走時変化を持つ変化関数モデルを計算し、実際の変化関数との複素平面上の長さが最小になるものを見つけるというグリッドサーチによる推定を行った。これにより、各周波数のデータの信号ノイズ比が1を下回るようなノイズが大きなデータでも振幅変化や走時変化が推定できる。また、変化関数の誤差は、複素平面上で同心円状の確率密度分布を持つことを利用して、得られた振幅変化と走時変化のノイズ評価を行うことができた。

結果と考察

本研究では、この手法を岐阜県土岐市にある人工震源装置ACROSSのデータに適用し、周辺のHi-net観測点で得られた伝達関数に適応した。その結果、振幅変化と走時変化を同時に推定することができ、本研究の手法で得られた走時変化と従来のクロススペクトル法で得られる走時変化はおおむね誤差の範囲で等しいことも確認できた。一方で、振幅変化の平均が、伝達関数の平均値でデコンボルーションをしているにもかかわらず1にはならない場合があった。これは、複素平面上でのフィッティングの結果を、振幅と位相で解釈をしている数学的扱いが原因と思われる。

キーワード：振幅変化、走時変化、速度変化、人工震源装置、ACROSS
Keywords: Deviation of the amplitude, Deviation of the tarvel time, velocity change, Artificial seismic source, ACROSS

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

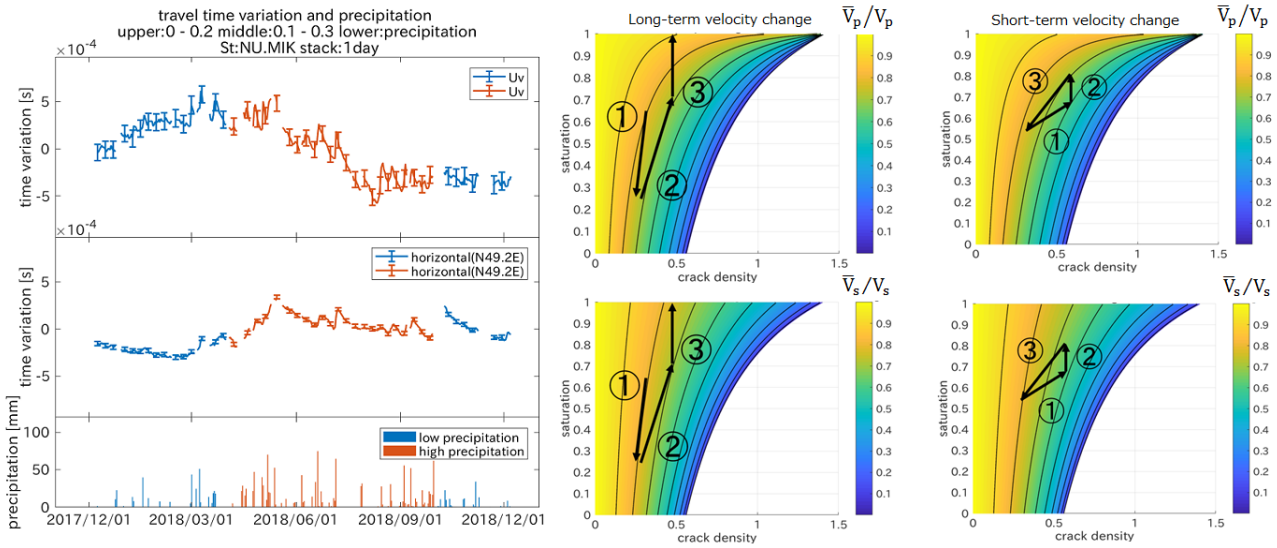
アクロスを用いたP波およびS波の走時の時間変化の検出
Temporal variation in travel time of P and S-waves using ACROSS

*鈴木 里奈[1]、山岡 耕春[2]
*rina suzuki[1], Koshun Yamaoka[2]

1. 名古屋大学大学院環境学研究科、2. 名古屋大学環境学研究科附属地震火山研究センター
1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Earthquake and Volcano Research Center,Graduate School of Environmental Studies,Nagoya University

精密に制御された振動を繰り返し発生させることができる人工震源アクロスによる1年間の観測記録を用いてP波およびS波の走時の時間変化についての解析を行った。本研究で用いた新型アクロス(ACR2014)は愛知県豊橋市に設置されており、回転軸が水平であるため、水平加振だけでなく鉛直方向の加振も行うことができ、従来型よりもP波をよく励起できるという特徴がある。ACR2014の周辺に設置されているNU.MIK, N.THNH, N.MKBHの3観測点の記録を用いて伝達関数を計算した。得られた伝達関数の成分のうち、P波では上下方向の加振による上下成分の記録、S波では水平方向の加振による水平成分の記録を選択した。これらの成分の伝達関数から、クロススペクトル法を用いてP波とS波それぞれの走時変化を計算した。なお、計算にはP波、S波部分としてそれぞれ0.2~0.3秒の範囲を使用した。得られた走時変化を豊橋、三ケ日のAMeDASの降水量の記録と比較すると、NU.MIKでは降水時にステップ的な遅れが生じ、その後回復していくという短期的な変化がP波とS波両方で見られた。このときの回復の傾向はP波とS波で異なっていた。一方、長期的変化の傾向は複数観測点においてP波とS波で異なっていた。このような短期的、長期的な走時変化について、クラック密度と含水クラックの割合の変化と地震波の速度変化の関係を用いて走時変化への降水の影響についての解釈を試みた。クラック密度と含水クラックの割合の変化に伴う速度変化の大きさはP波とS波で異なるため、降水量の多い時期は含水クラックが増加、降水量の少ない期間は含水クラックが減少すると仮定すると、P波とS波で異なる長期的な走時変化を定性的に説明できることがわかった。また、降水時の短期的な走時変化と、P波とS波の回復の違いも長期的変化の場合と同様の仮定によって定性的な説明が可能であった。

キーワード：走時変化、速度変化
Keywords: travel time variation, velocity change



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

輻射伝達理論に基づくSコーダ波エンベロープのインバージョン解析 ー伊豆大島火山の不均質構造の推定ー

Inversion analysis of S coda wave envelope based on radiation transfer theory - Estimation of heterogeneous structure of Izu Oshima volcano -

*植田 尚大[1]
*Takahiro Ueda[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University

短周期地震波の観測波形は、その波長スケールに対応する地殻中の不均質な構造に強く影響を受けることがよく知られてる。人工地震源や地震波干渉法など地表面付近の震源を利用した解析では、火山体の浅部堆積物等によって強い不均質性が顕著に現れることが報告されている。一方で、火山構造性地震を利用した解析例は少なく、火山体のやや深部領域（～10km）までの不均質構造の特徴が明らかになっているとは言えない。そこで、本研究では、火山体を一様な不均質媒質と捉えて解析するradiative transfer thoeyに基づくMultiple Lapse Time Window法（Fehler et al. 1992）をもとに、不均質構造を表す散乱減衰と内部減衰値と、解析する地震の地震波輻射エネルギーとサイト増幅特性も求めるインバージョン法を開発し、伊豆大島の火山構造性地震のデータに適用したので報告する。

解析には、伊豆大島のV-net観測点4点で記録された地震波形を用いる。2014年1月から2018年1月までに発生したMw1.5からMw3.5、深さ10km以内の地震150イベントを解析した。地震波形には1-2Hz,2-4Hz,4-8Hz,8-16Hz帯のバンドパスフィルタを施し、それぞれの周波数帯でS波の直達波およびコーダ波のエンベロープ波形を求める。火山体の不均質性を内部減衰と散乱減衰で表し、S波の多重等方散乱の輻射伝達理論に基づきグリーン関数を計算する。その振幅は地盤増幅係数とエネルギー輻射量の積によって表現される。そこで、観測波形および理論エンベロープ波形の対数をとり、線形逆問題を解くことで、エネルギー輻射量および地盤増幅係数を求める。本研究ではさらにインバージョンから求められたエネルギー輻射量と地盤増幅係数を利用して観測エンベロープに対しフィッティングを行い、内部減衰と散乱減衰を再決定する。この操作を繰り返すことで、観測エンベロープに最もよく合う理論エンベロープを導出する。この時、輻射エネルギーの初期値を理論エンベロープのS波到達時刻から計算し、また地盤増幅係数の初期値を、コーダ規格法から求めた。同様の手法はEulenfeld and Wegler(2016)で提案されているが、本研究は2段階のステップを踏むことでパラメータのトレードオフを抑えることができる。

解析の結果、1-2Hz、2-4Hz、4-8Hz、8-16Hz帯で、散乱減衰はそれぞれ0.0393、0.0210、0.0027、0.0001となり、内部減衰は0.0054、0.0056、0.0029、0.0006と求められた。この結果を用いて、エンベロープのインバージョンおよびエンベロープフィッティングの繰り返し操作を行い、理論エンベロープを導出したところ、観測されたエンベロープとの間の分散は0.3程度となった。同様の手法を用いて得られた日本の地殻構造の平均的な値（Calocoré and Sato, 2010）と比較すると、内部減衰の値はほぼ同じである。一方、散乱減衰の値は1.5Hz付近の低周波数領域では10倍程度大きくなった。また、極浅部の結果（Yamamoto and Sato., 2010, Hirose et al., 2019）と比較すると1～2桁程度小さい

以上の結果を踏まえて、伊豆大島においては日本の地殻と比較して散乱減衰が内部減衰に比べて卓越しており、このことは活火山周辺で散乱減衰が大きいという先行研究の結果と調和的であり、地殻の浅い部分の微小な不均質構造の影響が強く現れたと考えられる。また、本研究で提案したエンベロープインバージョン法によって理論エンベロープがよく求まり、輻射エネルギーおよび震源の輻射エネルギーを評価する手法として有効であることが示された。

本研究ではNIED V-netのデータを使用いたしました。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：コーダ波、火山体
Keywords: coda wave, volcanic structure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2019年1月3日熊本県北部の地震時の和水町江田の強震動特性
Strong motion characteristics at Nagomi-machi, Eta, during the northern Kumamoto pref. earthquake of Jan. 3rd, 2019

*岩田 知孝[1]、浅野 公之[1]、吉見 雅行[2]、杉山 長志
*Tomotaka Iwata[1], Kimiyuki Asano[1], Masayuki Yoshimi[2], Takeshi Sugiyama

1. 京都大学防災研究所、2. （国研）産業技術総合研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. Geological Survey of Japan, AIST

We estimate ground motion characteristics of Eta, Nagomi-machi, Kumamoto, during the 2019 Jan. 3rd northern Kumamoto earthquake (MJ5.5). The JMA seismic intensity of 6weak was observed at the site. Before this event, we have conducted the microtremor array measurement and obtained that the thin (about 20m) superficial layer with a S-wave velocity of less than 0.2km/s. We also estimated site amplification factor by the spectral inversion method (Somei et al., 2018). The site amplification factor shows the predominant period of about 0.4s for weak motion data. After the mainshock, we have conducted additional microtremor array measurement to give a more in-detail information in the area and single station H/V observations just beside of the seismic intensity meter and outside of the building for checking the effects of station setting of this site. In this moment, there is no significant effect of the station setting because of the similar H/V spectral ratio between the site and the one outside of the building in this period range. We also noticed that the predominant period of observed horizontal motions of the mainshock is about 0.5s, that is a little bit longer than that of the site effect for the weak motions. This would be caused by the non-linear behavior of the superficial layer during the strong shaking. Strong motion data are provided by JMA and Kumamoto prefecture. Microtremor observations and spectral inversion were conducted by the Comprehensive Research Project for the major active faults related to The 2016 Kumamoto Earthquake (2016FY-2018FY), Mext.

キーワード：2019年1月3日熊本県北部地震、和水町江田
Keywords: 2019 Northern Kumamoto prefecture earthquake , Eta, Nagomi-machi

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性 －３次元地震動シミュレーションによる数値実験－

Effects of the heterogeneous crustal structure on the amplitude fluctuation of high-frequency seismic waves

*吉本 和生[1]、武村 俊介[2]
*Kazuo Yoshimoto[1], Shunsuke Takemura[2]

1. 横浜市立大学大学院生命ナノシステム科学研究科、2. 防災科学技術研究所
1. Graduate School of Nanobioscience, Yokohama City University, 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

はじめに

近地地震の高周波数帯（約1 Hz以上）の直達波には，地殻構造の短波長のランダム不均質性（地震波速度の数%程度の揺らぎ）の影響による振幅のばらつきが見られる（Yoshimoto et al., 2015）．この現象の震源付近（震源距離40 km程度以下）における特徴は，均質な背景構造にランダム不均質性を重畳したモデルによって概ね説明できる．しかしながら，解析対象領域が広くなると，単純な背景構造モデルでは，地震波の伝播経路の複雑化を表現できなくなる可能性がある．本研究では，地殻内地震を対象にした地震動シミュレーションに基づいて，解析対象領域が広い場合に，背景構造としての不均質な３次元地殻構造がS波振幅のばらつきに与える影響について調べた．

計算・解析手法

西日本の中国地方で発生する地殻内地震を想定して差分法による地震動シミュレーションを実施した．技術的な詳細はTakemura et al. (2017)と同様であり，計算領域の大きさは256×256×80 km^3，格子間隔は0.05 kmとした．計算時間間隔は0.0025 sとした．観測点は間隔5 kmでグリッド状に2601点配置した．背景の3次元地震波速度構造には全国１次地下構造モデル（JIVSM; Koketsu et al., 2012）を使用し，地殻内にTakemura et al. (2017)によるランダム不均質性（指数関数型，揺らぎの大きさ3%，相関距離1 km）を重畳した．対象とした地震は2011年11月25日に島根・広島県境の深さ14 kmで発生した横ずれ型の地震で，震央の位置を固定し，震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを実行した．ダブルカップル型の点震源，継続時間0.1秒のcos関数型震源時間関数（Maeda et al. 2017）を使用した．得られた速度波形に0.5-1, 1-2, 2-4 Hzのバンドパスフィルターを適用して最大地動速度振幅（PGV；以下，単に振幅）を求め，その空間変化を詳しく調べた．

結果・議論

横ずれ型の発震機構の震源輻射の影響で，震源付近では大きな振幅が十字型の方位分布で観測された．この十字型の見掛け輻射特性は，震源距離の増大とともに，地殻構造のランダム不均質性の影響で不明瞭になった．このような特徴は，散乱モデルや観測記録からも確認されている（Yoshimoto et al., 2015; Takemura et al., 2016）．震源の深さを変化させて地震動シミュレーションを行うと，特定の深さでは見掛け輻射特性が非対称的に崩れることが確認された．震源距離に対して振幅をプロットすると，非対称的な崩れの発現によって，振幅のばらつきが有意に大きくなることが分かった．このような解析結果は，地殻構造のランダム不均質性の影響では説明できない．そこで，地表地形，コンラッド面，モホ面などの設定条件を変えて地震動シミュレーションを実行した．その結果，震源がコンラッド面の上方に近接する場合に，コンラッド面のS波反射の影響によって見掛け輻射特性の非対称的な崩れが発現することが確認された．以上の結果は，震源距離40 km程度以上では，地殻構造の不均質性の一要因として，コンラッド面（地震波速度変化10%程度）がランダム不均質性と同様に，地殻内地震の強震動に大きなばらつきを引き起こす可能性を示している．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：高周波数地震動、振幅のばらつき、地殻構造の不均質性、コンラッド面、地震動シミュレーション
Keywords: High-frequency seismic ground motion, Amplitude fluctuation, Random crustal heterogeneity, Conrad discontinuity, Seismic ground motion simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北沖の地震の際に北海道で観測される長周期の後続相（2）地殻と太平洋スラブの影響

Long-duration long-period ground motion in Hokkaido during off-Tohoku earthquakes (2) Roles of crust and Pacific slab

*野口 科子[1]、前田 拓人[2]、古村 孝志[3]
*Shinako Noguchi[1], Takuto Maeda[2], Takashi Furumura[3]

1. 公益財団法人 地震予知総合研究振興会、2. 弘前大学大学院理工学研究科、3. 東京大学地震研究所
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Faculty of Science and Technology, Hirosaki University, 3. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

比較的規模の大きな（M>6.5）東北地方太平洋沖の地震の際に，北海道で大振幅かつ長周期の後続相が観測された．これは野口・他（2017, JpGU）で報告された，石狩平野から太平洋沖にかけての大規模堆積盆地による長周期の後続相とは異なり，堆積盆地以外にも北海道の広い範囲で観測された．本研究では，3次元地下構造モデルを用いた差分法による地震波動伝播シミュレーションにより発見された新たな長周期後続相の生成メカニズムについて述べる．

この長周期の後続相は，東北地方太平洋沖で発生した地震の際に，南西部の数点を除く北海道のF-net観測点全般で観測された．一方，この後続相は東北地方の内陸地震，東北沖のアウターライズ地震や，より北海道に近い地点で発生した地震の際には観測されなかった．この後続相の卓越周期は，地震によって異なるが概ね15～25秒であった．観測波形の特徴はradial成分・vertical成分とtransverse成分によって異なり，それぞれRayleigh波およびLove波とみられる．概してLove波の方がRayleigh波より到達が早く，またより長い周期を示した．これらの波形は両者ともに正の分散を示した．

この後続相の成因を解明するための波動伝播シミュレーションには，差分法のプログラムパッケージOpenSWPC（Maeda et al., 2017）を使用した．モデル構造には海水，地形，堆積層を含むJIVSM（Koketsu et al., 2012）に加え，Matsubara et al. (2017)による日本付近のモホ面深さのモデルおよびKita et al. (2010)による太平洋スラブ上面深さモデルを使用した．

波動伝播シミュレーションにより，以下の2つの現象が明らかになった．ひとつは，日本海溝の西側に沿って南北に伝播するRayleigh波の後続相である．この後続相のうち北へ向かう方は，石狩沖の堆積盆地で転換され，北海道に広く伝播した．もうひとつは，日本海溝と千島海溝の会合点付近に現れたLove波で，これは上記のRayleigh波より少し早く北海道へ広く伝播した．

これらの現象の背景を探るため，東北沖から北海道にかけて表面波の群速度・位相速度の分布を調べた．まずRayleigh波（周期20秒付近）については，日本海溝の西側に帯状の低速度帯がある事が分かった．これは地下の太平洋スラブ上面の低速度層に起因するもので，Rayleigh波の低速で長く続くガイドウェーブを発生させ得る．Love波についてはこのような低速度帯はみられなかったが，大陸と海洋の地殻の厚さの違いに起因して，海溝の海側と陸側に著しい速度コントラストがみられた．このような場合，Love波の波線は低速度側へ屈折する．それらが北海道沖の日本海溝と千島海溝の会合点に到達すると，そこから北海道側へ放射されると考えられる．

以上より，東北沖の地震の際に北海道で広く観測される大振幅・長周期の後続相の原因は，石狩平野から太平洋沖の大規模堆積盆地だけでなく，東北沖から北海道にかけての地殻および太平洋スラブの構造にも起因するという事が明らかになった．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：長周期地震動、沈み込み帯、波動伝播シミュレーション
Keywords: Long period ground motion, Subduction zone, Wave propagation simulation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Measuring the NCF dispersion without the long inter-station distance limitation –a new method based on hybrid peak time matching

*Ying-Nien Chen[1], Yuancheng Gung[2], Ling-Yun Chiao[3]

1. Institute of Seismology, National Chung Cheng University, Taiwan., 2. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan., 3. Institute of Oceanography, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.

Over the past decade, the probing of Earth structures using seismic ambient noises has been widely used by seismologists and is now a well-developed technique. Based on an implicit high-frequency approximation, the consensus is that the noise cross-correlation function (NCF) of continuous seismic records resembles the Green’ s Function (GF) of the far-field surface wave between sensors. This perspective leads to the application of the long interstation distance criterion in the dispersion measurements, and, accordingly, much of the low-frequency content in the NCF is rejected. Herein we show that, for a far-field source, the NCF used in most surface wave studies should not be considered as representative of the empirical Green’ s Function (EGF); instead, it is simply the interference product between sensors. We present a theoretical derivation of an explicit definition for a “high-frequency approximation” and clarify the relationship between the NCF and the EGF. Furthermore, we propose a new method to measure the NCF dispersion, in which the phase velocity is estimated by matching the peak delay time observed in the time domain NCF to the one predicted by the theoretical complex NCF signals. In this hybrid peak time matching technique, the long interstation distance is no longer a required condition and phase velocities can be determined more precisely at lower frequencies. Therefore, this permits the investigation of deeper structures using noise data.

Keywords: phase velocity measurement, Empirical Green’ s Function, ambient noise

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震波可聴化による動的誘発地震の探索
Dynamic Triggering Earthquakes Exploration by Sonification of Seismograms

*内出 崇彦[1]、森本 洋太[2]、松原 正樹[3]
*Takahiko Uchide[1], Yota Morimoto[2], Masaki Matsubara[3]

1. 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門、2. ハーグ王立音楽院ソノロジー研究所、3. 筑波大学図書館情報メディア系
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), 2. Institute of Sonology, Royal Conservatory of the Hague, 3. University of Tsukuba

われわれは動的誘発地震探索のための地震波可聴化を提案してきた(内出ほか, JpGU, 2016, 2018; Matsubara et al., 2016)。2011年東北地方太平洋沖地震の可聴化では、岐阜県飛騨地方における動的誘発地震を聴き取ることに成功した。地震学者が地震波可聴化をしやすくなるよう、Sonification of Seismograms (SoS)システムを構築している(Uchide et al., JpGU, 2018)。SoSでは、短い時間窓の中での地震波形の最大の絶対値と零交差の個数に応じた振幅と音程の音を割り当てることで可聴化を行っている。

本研究では、近年の大地震による動的誘発地震をSoSによる可聴化により探索した。2011東北地方太平洋沖地震では、飛騨地方での動的誘発地震はM 4.2であり、比較的大きいものであった(大見ほか, 2012)。より小さい動的誘発地震を見つけ出すことは、より難しくなる。観測点の地域を限って可聴化することで、動的誘発地震が発生した場所、していない場所を特定できると考えられる。

ポスターでは、可聴化音を聴く機会を提供するほか、SoSのデモンストレーションも行う。

謝辞

本研究では、Global CMTカタログと防災科学技術研究所のHi-net、気象庁、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所の地震波形データを使用しました。本研究は日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究(B)）(17K14386)によって行いました。

キーワード：地震波、可聴化、動的誘発地震
Keywords: Seismograms, Sonification, Dynamic Triggering Earthquakes

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

鉛直異方性におけるP波速度のレイリー波楕円率への影響
The effect of P-wave velocity on the ellipticity of Rayleigh waves in a transversely isotropic medium

*福島 駿[1]、蓬田 清[1]
*Shun Fukushima[1], Kiyoshi Yomogida[1]

1. 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻地球惑星ダイナミクス分野地震学研究室
1. Hokkaido University,Graduate school of Science,Department of Natural History Sciences,Seismology Laboratory

表面波の波形記録から地球表層の地球内部構造を推定する際、表面波が伝搬する2点間 の位相速度や群速度の分散曲線がこれまで用いられてきた。これとは別にレイリー波の楕 円率からも観測点の近くの場所での地球内部構造を推定できることが知られている (e.g., Tsuboi & Saito, 1983)。レイリー波の楕円率は固有関数の地表面での振幅比で定義され るため、位相速度よりも浅い部分の地球内部構造に感度が高く、より浅い部分の地球内部 構造を調べる際に有効である。強震動の研究分野でのサイト特性を簡便に評価するため に、常時微動の水平と上下成分の振幅比, H/V 値が用いられるが、基本的には同じ原理で ある。等方性媒質のおける楕円率の速度の深さ分布などに対する感度カーネルは Tsuboi & Saito (1983) や Tanimoto & Tsuboi (2009) で求められた。しかし、例えば細かな互 層の堆積層などでは、鉛直・水平方向で弾性定数が異なる鉛直異方性の効果が無視できな い場合もありえる。レイリー波は P-SV 波速度に対応するので等方性媒質と鉛直異方性媒 質では、S 波速度よりも P 波速度の楕円率への影響について調べる必要がある。鉛直異 方性媒質では弾性定数が5つとなり (A, C , L, N .F)、密度と弾性定数より表面波伝搬は等 方性媒質とほぼ同様に定式化できる。本研究では、鉛直異方性媒質における楕円率の感度 カーネルを定式化し、その影響を検討した。等方性媒質と同様に、変分原理と相反原理を 用いて、線形関係を求める。その時には通常の固有関数とは別に、媒質パラメータの変動 に対する扁平率の変動の表面で応力テンソルの一成分(ここでは垂直成分)を有限とする 人工的な固有関数と組み合わせる。等方性媒質における P 波速度の感度カーネルは S 波 速度のそれよりも小さく、より浅い部分にのみ感度を持つ。求められた P 波速度の感度 カーネルは、鉛直異方性媒質で PV 波速度と PH 波速度の感度カーネルの足し合わせにな る。重要な特徴として PV 波速度と PH 波速度は逆符号の感度を持つため、等方性媒質 でその和となるので P 波速度の感度カーネルが小さい。さらに等方性の P 波速度の感度 カーネルと鉛直異方性の PH 波速度のそれを比べると、PH 波速度の感度が大きく、イン バージョン法を用いて内部構造を推定する際により正確な推定ができると期待する。

キーワード：パーティクルモーション、鉛直異方性、レイリー波
Keywords: Particle motion, Transverse isotropy, Rayleigh wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Time series analyses of amplitude of the Earth’s background free oscillations

*功刀 龍一[1]、須田 直樹[1]
*Ryuichi Kunugi[1], Naoki Suda[1]

1. 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻
1. Hiroshima University

The Earth’s background free oscillations (BFO) are slightly and continuously excited free oscillations of the solid Earth persistent even in seismically quiet periods [Nawa et al. 1998; Suda et al. 1998; Kobayashi and Nishida 1998; Tanimoto et al. 1998]. The observed modes are fundamental modes, suggesting that the excitation sources are atmospheric and oceanic disturbances [e.g. Nishida 2013]. Amplitude of BFO exhibits seasonal variations [Nishida et al. 2000]. Along with such a periodic variation, there may exist transient variations correlated with atmospheric/oceanic phenomena.

The target modes are fundamental modes ${}_0S_{22}$-${}_0S_{43}$ at frequencies between 3 and 5 mHz because they are most clearly observed in the frequency domain. We used vertical records of STS-1 broadband seismometers at 65 quite seismic stations downloaded from IRIS DMC. The data periods are from 2000 to 2017. The analysis method is mainly the same as used in Nishida et al. (2000). Continuous records were divided into 3-days records with a step of 1 day. After applying the Hanning taper, each record was converted into power spectral density (PSD) with the correction of system response. To reject noisy data, we used the data whose mean PSD values at 3-5 mHz are between 10^{-19} and 10^{-18} m^2/s^3. The remained PSDs were then stacked over all the stations to create monthly averaged PSDs. To avoid the influence of temporally changing PSD baseline due to the random background noise, we averaged the PSD values in the mode and the noise frequency bands, and then the averaged noise PSD is subtracted from the averaged signal PSD.

We used two methods of time series analysis for the statistical analysis of long-term variations in amplitude of BFO: one is based on the state-space model and the other is on the regression model. In the state-space analysis we adopted the local level model with seasonal variations, which divide time series into random noise, seasonal variations and a long-term trend. In the regression analysis we adopted the model that consist of random noise, seasonal variations and a long-term trend. We used the R packages dlm and prophet for the state-space and the regression analyses, respectively.

The result obtained in the space-state analysis shows the long-term variation with a time scale of 10 years from 2002 to 2012: the minimum is in 2002 and 2012 and the maximum is in 2008. The long-term trend obtained in the regression analysis shows almost the same characteristics: the minimums in 2000 and 2012 and the maximum in 2008. Thus, we for the first time robustly obtained the nearly 10-year variation in amplitude of BFO from the two different time-series analyses. We can utilize data of infragravity waves at frequencies between 3-30 mHz from WAVEWATCH III. We will show the result of comparison between

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

BFO and infragravity waves in the presentation.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Regional shear waves from an unusually deep earthquake beneath Ogasawara Islands: 660 km discontinuity and anisotropy

*久家 慶子[1]
*Keiko Kuge[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻地球物理学教室
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Kyoto University

Following a large deep earthquake beneath Ogasawara Islands on 30 May, 2015, an aftershock (mb 4.9) took place at a depth of 678 km (USGS). P and S waves from the aftershock were recorded by F-net broadband stations in Japan at distances of 1 to 18 degrees. The aftershock is small enough to neglect source effect. Here I explore structure effect on the shear wave propagation. SH waves recorded by the transverse directions in western Japan were generally characterized by a single pulse. The peaks of the SH waves tend to arrive earlier than those of the SV waves in the radial directions. The dominance of a single pulse in the SH waves can be explained by the iasp91 model with the 660 km discontinuity shallower than the aftershock. When the 660 km discontinuity is assumed to be deeper than the aftershock, additional signals predicted in radial components can apparently cause different peak time arrivals between SH and SV waves. However, in these cases, the SV peaks arrive earlier than the SH peaks, which cannot fit the observations. It is thus more likely that the observed peak time difference is attributed to anisotropy. Because signals due to crustal reflection are predicted in the radial components ~6 sec after the direct S waves, shear wave splitting parameters were carefully estimated by using initial portions of S waves. The fast directions obtained in western Japan are nearly in the east-west, which looks different from the fast direction observed for a nearby deep earthquake in the Wadati-Benioff zone. We cannot see systematically early arrivals of SH peaks from Fiji earthquakes in a similar back azimuth. The anisotropic regions may be located deep.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ScSリバーバレーション解析による海洋上部マントルにおけるG不連続面の推定について
On the estimation of G discontinuity in the oceanic upper mantle using ScS reverberations

*丸山 純平[1]、川勝 均[1]、竹内 希[1]
*Jumpei Maruyama[1], Hitoshi Kawakatsu[1], Nozomu Takeuchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. University of Tokyo, Earthquake Research Institute

Kawakatsu (2016, GJI)で新しく導入されたVTIの第五パラメータη_κが地震波に与える影響を検証した際に,北西太平洋のlithosphere--asthenosphere system (LAS) において,ScSリバーバレーションを用いた解析 (Bagley et al., 2009)の結果と表面波を用いた解析 (Isse et al., 2019)の結果で鉛直S波速度β_Vの構造が大きく異なることが分かった.これは新パラメータη_κに対するScS波解析と表面波解析のそれぞれの感度が異なることに起因し,海洋LASにおける異方性の特徴を反映している可能性がある.より詳細な検証を行うために,先行研究以降に増加した観測データを用いScS波の再解析を行う事とした.

従来の研究で用いられた手法 (Revenaugh & Jordan, 1991)はScSリバーバレーション波に二段階の解析を行うことで地殻とマントル全体のパラメータ,マントル内反射面のパラメータを推定するものだが,これは太平洋沿岸の陸域に向けて提出された手法であり,特に上部マントルにおいて大きく状況が異なる海洋地域でそのまま用いることができるかは厳密には検証されてこなかった.そのため,海洋のモデルで計算したfull wave理論波形に対して簡略化した手法を適用することで,従来行われていた解析の検証を試みた.その結果,海洋下のような強いG不連続面を持つ場合において,既存の手法ではGからの反射波による波形の歪みのために,減衰率Q^{-1}や上部マントルの不連続面の反射系数について正しい推定が行われない可能性があることが明らかになった.

今後は海洋でも正確な解析が行えるようにScS波解析手法を改善し,先行研究が対象とした期間以降に北西太平洋の日本-ハワイ間で観測されたより多くのデータを用いることと合わせて,既存の研究で得られたモデルとの比較を試みる.

キーワード：ScSリバーバレーション、G不連続面、リソスフェア–アセノスフェア系、北西太平洋
Keywords: ScS reverberations, G discontinuity, lithosphere-asthenosphere system, northwest Pacific

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海トラフ域の孔内・海底で観測された常時微動を用いた短周期実体波（1-3 Hz）の抽出

Short-period body wave (1-3 Hz) extraction from ambient noise records observed at seafloor and borehole in the Nankai subduction zone

*利根川 貴志[1]、木村 俊則[1]
*Takashi Tonegawa[1], Toshinori Kimura[1]

1. 海洋研究開発機構　地震津波海域観測研究開発センター
1. Research and Development center for Earthquake and Tsunami, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

In the Nankai subduction zone, a cabled-network, named DONET (Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis), and borehole stations connected to the DONET have been constructed. The station spacing of DONET is 15-20 km, but, corporating it with borehole sensors, some of station pairs have station spacing less than 15 km. We attempted to extract body waves by applying cross correlation analysis to ambient noise records observed at the southern part of those stations, because borehole sensors have constructed near the trough.
As a result, we found eight pairs showing P wave in the cross correlation functions (CCFs) at frequencies of 1–3 Hz, which emerged before T-wave. In the case of station spacing less than 5 km (2 pairs), P wave extraction required only one-day stacking of ambient noise records, but other pairs required 10–30 days. Although the reason for unstable retrieval on the pairs and time periods for stacking is still under debate, the retrieved P-wave was stable over the observation periods.

キーワード：地震波干渉法、常時微動、実体波
Keywords: Seismic interferometry, ambient noise, body wave

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

S-netで観測されるT波エンベロープの特徴
Characteristics of T-wave envelopes observed by S-net

*江本 賢太郎[1]、中原 恒[1]
*Kentaro Emoto[1], Hisashi Nakahara[1]

1. 東北大学大学院理学研究科
1. Graduate School of Science, Tohokuk University

海底地震津波観測網S-netが整備されたことにより，海域でのネットワーク観測が可能となった．陸域と異なり，S-netの地震計には，P波やS波の後にT波が顕著に観測される．T波は，海水中を音波として伝わる波であり，音速の低速度層（SOFAR チャネル）内にトラップされることで遠地まで伝わる．この性質を利用して，T波は震源近傍に観測点がない核実験や海底火山のモニタリングに使用されてきた[Okal, 2008]．T波パルスの幅と振幅を用いると，核実験と自然地震の区別が可能である[Talandier & Okal, 2001]．T波の立ち上がり時間[Yang & Forsyth, 2003; Dziak et al., 2005]や実体波とT波の振幅比[Wech et al., 2018]が，地震の深さに依存することが知られている．これらの研究は，変換点から遠地で観測されるT波を用いて行われてきた．S-netではネットワーク内の近地の地震によるT波を捉えることが可能であるため，地震波と海中音波の変換過程を詳細に調べることが可能である．本研究では，S-netで捉えられたT波のうち，変換点がネットワーク内にあると推測でき，また孤立的な形状を示すT波の特徴を調べた．複数の変換点もしくは共鳴により，いくつもT波が連続している場合や，顕著なピークを持たないT波は対象外とした（例えば，小笠原諸島付近での深発地震）．

S-netの速度型地震計に8-16Hzのバンドパスを適用し，３成分の二乗和を計算することでエンベロープを作成した．T波エンベロープの立ち上がりは，S波コーダに埋もれている場合や，不明瞭な場合が多い．そのため，エンベロープ幅は，到達時刻に依存しない指標として，振幅が最大値の1/3を超える時間（$\tau_{1/3}$）や，標準偏差に相当するT_{rms}を指標とする．T波の大きさは，二乗エンベロープの時間積分に比例するTPEF（T-phase energy flux）[Okal et al., 2003]を指標とする．次に，T波エンベロープの特徴を示す．

T波の伝播速度はおよそ1.5 km/sであるが，水深が深い観測点ほど速い場合も見られた．エンベロープ形状は，ピークまでゆるやかに立ち上がり，その後減衰する．地震波エンベロープと異なり，立ち上がりと減衰の時間スケールが同様である場合が多い．これは，伝播過程での散乱の影響によりエンベロープ形状が規定される地震波と異なり，T波のエンベロープ形状は，地震波から音波への変換過程に大きく依存しているためだと考えられる．ただし，T_{rms}は距離とともに増加傾向を示すこともあり，T波にも伝播過程での散乱の影響は含まれていることを示唆する．これは，海底地形が比較的平坦な場所では，エンベロープ幅が距離に依存しないという観測事例とは異なる[Yang & Forsyth, 2003]．$\tau_{1/3}$は観測点の水深が浅いほど小さい傾向が多いが，例えば三重会合点付近の地震では複雑なT波エンベロープのため，浅い観測点でのエンベロープ幅にはばらつきが大きい．エネルギーに関しては，深い観測点ほどTPEFが大きい．これは，日本列島に向かって水深が浅くなり，T波が反射して浅い観測点に十分なエネルギーが届かないためだと考えられる．三重会合点付近の震源の場合，T波は主に海溝沿いに伝播する様子が見られた．TPEFは距離とともにべき乗で減衰するが，減衰の速さは-1乗から-6乗まで震源により異なる．プレート境界型地震やスラブ内地震と比べ，アウターライズ地震で顕著なT波が見られた．これは，海溝の東側で太平洋プレートが下り傾斜になっている場所で，地震波が音波に変換され，SOFARチャネルに対し浅い角度で入射し，効率よくトラップされるためである．日本列島下で発生する深さ100km程度のスラブ内地震では，走時から推測されるT波生成場所が震央と異なり海溝付近であった．スラブ内を伝播した地震波が海溝付近でT波に変換される現象だと考えられる．この変換は強い指向性が見られた．

以上のように，S-netで観測されるT波は，海底地形や地下構造の影響を強く受けていることが明らかに

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なった．今後，差分法シミュレーションや放物型方程式に基づいて弾性体と海水を含む波動伝播のモデリングを行い，本研究で観測されたT波エンベロープの特徴を説明することで，弾性波と音波の変換過程の理解を深めることが可能であると考えられる．

謝辞

防災科学技術研究所が運営する日本海溝海底地震津波観測網S-netの記録を使用させていただきました．

キーワード：T波、エンベロープ、S-net
Keywords: T-wave, Envelope, S-net

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海底地震計による地震探査・観測データのリバースタイム反射波イメージング

Reverse time reflection imaging of active and passive seismic data with ocean-bottom seismographs

*白石 和也[1]、新部 貴夫[2]、山田 泰広[1]
*Kazuya Shiraishi[1], Takao Nibe[2], Yasuhiro Yamada[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 石油資源開発(株)
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Petroleum Exploration Co. Ltd.

はじめに

海底地震計を用いた地殻構造探査や広域地震観測では、受振点間隔の広い受振点群を用いた探査・観測となる場合が多く、観測の空間的欠如を補う工夫が必要である。一方、新規または既設の光ファイバーを利用した地震動の観測が試みられ、ケーブルに沿って稠密な地震観測を可能とする技術革新が起こりつつある。この場合は膨大な情報を効率的に活用する解析技術の研究開発もまた必要である。反射法地震探査では、複雑な地下不均質構造をイメージングするために、波動論に準拠して全波動場を利用するリバースタイムマイグレーションが有効である。本研究では、能動的探査と受動的観測の両方で利用するためのリバースタイムによる反射波イメージング手法を開発、それぞれの問題についてケーススタディを実施する。

解析手法

A. 基本型：発振点-受振点の組合せ

人工震源を用いた能動探査や震源の位置が正確に決定された自然地震観測の場合、反射法解析の基本である、発振点ー受振点の組合せによる一次反射波を利用する解析が有効である。リバースタイム法による反射波イメージングでは、観測波形を受振点から動画を逆再生するように逆伝播した波動場と、震源からは震源関数を順方向へ伝播させた波動場をそれぞれ地震波モデリングで再現し、同一時刻の両波動場の相関結果を時間積分することで、イメージ領域内の反射面や散乱体を結像させる。

B. 改良型：受振点-受振点（または発振点-発振点）の組合せ

震源情報の不確かな自然地震の観測波形の解析に有効な方法を提案する。この場合、震源から出た地震波が、海底の地震計へ届いた後に地下深部へ進み、地層境界で上方に反射して別の地震計へ到達する波線経路を考慮すると、一方を仮想的な震源として他方で受振点とする波線と同等と考えることができる。そこで、一方の地震計で観測した波形を順伝播させた波動場と、他方の地震計に届いた観測波形を逆伝播した波動場を干渉させることで、地下の反射面をイメージングする。エアガンー海底地震計探査の場合、相反原理により、エアガン発振点を起点に海面起因の多重反射波を利用できる。

ケーススタディ

(1) 南海トラフにおけるエアガン-海底地震計探査データ

測線長約170km（発振点間隔200m、受振点間隔1～10km）のエアガン海底地震計探査に適用した。このとき、相反定理を用いることで、海底地震計からエアガン発振点の間の一次反射波について、基本型により解析し、エアガン発振点を起点とする多重反射波には改良型を適用して、それぞれの結果を足し合わせることで最終イメージを得た。その結果、オフセット距離の長い記録を利用して付加体深部の構造（沈み込むプレートと新旧付加体の関係）と、多重反射波による浅部の構造（底面に起伏を有する堆積盆地）を明瞭にイメージングすることができた。

(2) 自然地震観測を模した数値シミュレーション

自然地震観測を模して、数値シミュレーションを行い、改良型リバースタイム法による反射波イメージングを試みた。海底観測と陸上観測では、境界条件（地震計より上位に海水層があるか否か）が異なり、海域観測の場合には海水層の存在による多重反射波が卓越する。陸上観測と海底観測のいずれの場合も、提案手法によって地下構造のイメージが可能であることを確認した。また、海水層のあることで卓越する多重反射波の効

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

果により地下の反射点が広がるので、観測点がまばらになった場合に、反射面の連続性を改善する効果を期待できる。

謝辞：本研究は、JAMSTECイノベーションアウォード萌芽研究プログラムによりサポートされています。

キーワード：反射波イメージング、リバースタイムマイグレーション、海底地震計
Keywords: reflection imaging, reverse time migration, ocean-bottom seismograph

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_7

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寳楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学　地域強靭化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震
Paleoseismicity of Atsuma Town , Hokkaido: Evidence from landslide deposits

*田近 淳[1]、乾 哲也[2]
*Jun Tajika[1], Tetsuya Inui[2]

1. 株式会社ドーコン、2. 厚真町教育委員会
1. Docon Co.,Ltd., 2. Board of Education, Atsuma Town

2018年北海道胆振東部地震（胆振東部地震）が発生し，この地域の地震履歴が注目されている．筆者らは，以前，厚真町厚幌１遺跡で縄文時代中期（土器編年からは約4千年前：^{14}C年代は5.6～2.5cal.yBP）に地震よる地すべり（成層した樽前dテフラ（以下Ta-d：9ka）のスライド：debris slide）が発生したことを示し，それらは石狩低地東縁断層帯の活動時期と一致することを指摘した（田近ほか，2004，2016）．今後のこの地域の地震活動を評価する上で，古地震の痕跡の再検討は重要な課題である．そこで，厚幌１遺跡背後の斜面で，今回再び発生した地すべりを記載し，縄文時代の地震（縄文地震）による地すべりと比較するとともに，町内の遺跡で見られる地震痕跡について整理を行った．

胆振東部地震による地すべりは厚幌１遺跡の背後の斜面A～E５か所で発生した．いずれも成層したTa-dテフラのスライドで，縄文時代の地すべりと同じである．平滑斜面で発生したAを除くと，すべて斜面下部を遷急線で切られた懸谷形斜面で発生した．これらの移動体は長距離移動し，特に最大のBの移動体は道路盛土（約7m）を乗り越え斜面基部から約170m移動して別の道路盛土を削剥して停止した．B及びD,Eの斜面下では縄文地震の際の地すべり移動体が発見されているが，斜面基部からの移動量は最大約70mにすぎない．ただし，見かけの等価摩擦係数は0.3程度で両者ともあまり変わらない．移動距離が大きいのは崩壊源が斜面上部に拡大したことなどが原因かもしれない．

縄文地震と同時期の地すべり堆積物やその痕跡は，厚幌ダム湛水域のオニキシベ３遺跡をはじめとして上幌内モイ遺跡，イクバンドユクチセ遺跡，ヲチャラセナイ遺跡北部など広い範囲に分布する（厚真町教育委員会，2009；北海道埋蔵文化財センター，2016，2018）．また，今回の地震で崩壊した山腹斜面にはTa-dを欠く，あるいは樽前cテフラ（Ta-c：2.5ka）の上にTa-dが載る斜面がしばしばみられ，縄文地震イベントあるいはTa-cと樽前bテフラ（Ta-b：AD1667年）間の地震イベントで崩壊した斜面の可能性がある．厚真町内ではこのほかに，Ta-c以降，苫小牧白頭山テフラ（B-Tm：10C）以前の「地割れ」イベント（豊沢地区，豊沢６遺跡：北海道教育委員会，2012），Ta-b（AD1694年）とTa-a(AD1739年)の間に液状化イベント（吉野地区ヲイカルマイ遺跡：厚真町教育委員会，2013）が確認されているのみである．以上のように，現時点ではテフラのスライドが群発するようなイベントは，Ta-d の堆積した9千年前以降，今回と縄文地震以外には認められない．Ta-cとB-Tm間のイベントも斜面変動を伴うが，その規模は小さい．

キーワード：古地震学、液状化、地すべり移動体
Keywords: Paleo seismology, Liquefaction, landslide body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

Gravity survey and subsurface structure across the Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Northeast Japan(part 2; estimation of the subsurface structure using the density of rock samples)

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8]
*Shinsuke Okada[1], Hideki Kosaka[2], Kyoko Kagohara[3], Toshifumi Imaizumi[4], Kohei Abe[5], Susumu Sakashita[5], Atsushi Miwa[5], Kouta Koshika[5], Yusuke Oda[5], Yuki tsukamoto[6], Takahiro Miyauchi[7], Tomoo Echigo[8]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. （株）環境地質、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学名誉教授、5. 応用地質株式会社、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8. 地域地盤環境研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Kankyo Chishitsu, Co. Ltd., 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Emeritus professor of Tohoku University, 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Department of Earth Sciences, Graduate School and Faculty of Science, Chiba University, 8. Geo-Research Institute

青森湾西岸断層帯は，青森県東津軽郡蓬田村から青森市に向かって，北北西−南南東方向に延びる長さ約31 km断層帯であり，青森湾西断層，野木和断層，入内断層から構成される西傾斜の逆断層帯である（地震調査研究推進本部, 2004）。楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）では，2016年に蓬田村周辺において青森湾西断層を横断する浅層反射法地震探査およびCSAMT探査を実施し，浅部で低角化した青森湾西断層とその逆断層運動によって変形を受けた地質構造を明らかにした。本研究では，楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）と同一測線において2017年に重力探査を実施し，ブーゲー重力異常による地下の密度構造を推定した（岡田ほか, 2018）。

得られたブーゲー重力異常は，浅層反射法地震探査（楮原, 2017）およびCSAMT探査（坂下, 2017）から得られた地下の地質構造を拘束条件として用い，タルワニ法（Talwani et al., 1959）によって，地下構造を検証した。しかし，2018年の発表（岡田ほか, 2018）では，各地層の密度の推定に検討の余地があり，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の一部に乖離がある部分もあった。そこで，各地層の露頭においてサンプリング調査を実施し，岩石密度測定（村田ほか編, 1991の方法に基づく）を行うことによって，ブーゲー重力異常の計算に用いた。一部の層準には，密度の逆転が見られた。密度測定の結果をタルワニ法に用いることにより，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の乖離がほぼ解消し，地下の密度構造の推定が大きく改善された。

[文献]

地震調査研究推進本部, 2014, 青森湾西岸断層帯の評価, 16 p.

楮原京子ほか, 2017, 津軽山地東縁における反射法地震探査, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P08, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

村田泰章ほか編，1991，日本の岩石物性値ー密度，磁性，P波速度，有効間隙率，熱伝導ー, 地質調査所報告, No. 276, 302 pp.

岡田ほか, 2019, 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造, 日本地球惑星科学連合2018年大会, SSS08-P05, 幕張メッセ国際会議場, 2018-05-22.

坂下　晋ほか, 2017, 多チャンネル電磁探査装置を用いた高密度CSAMT探査の活構造調査への適用, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P18, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talwani M., Worzel J. L., and Landisman M., 1959, Rapid gravity computations for 2-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, J. Geophys. Res., 64, 49-59, doi:10.1029/JZ064i001p00049.

キーワード：重力探査、ブーゲー重力異常、岩石密度測定、青森湾西岸断層帯、反射法地震探査、CSAMT探査
Keywords: Gravity survey, Bouguer gravity anomaly, Rock density measuring, Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Seismic reflection survey, CSAMT survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？
Was the 1611 Keicho earthquake a giant interplate event like the 2011 Tohoku earthquake?

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1]
*Tomoya Harada[1], Akihito Nishiyama[1], Kenji Satake[1], Takashi Furumura[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

慶長十六年十月二十八日（1611年12月2日）の三陸地震（以下，「慶長三陸地震」）は，地震動による被害の記録は未発見だが，東北地方･北海道の太平洋岸で津波による犠牲者が多数出たと記録されている．この特徴が，1896年明治三陸地震（M8.1）や1933年昭和三陸地震（M8.1）の特徴と似ていることから，慶長地震は，これらと同タイプの地震であったと考えられてきた（羽鳥，1975；相田，1977；渡辺，1998）．ところが，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0；以下，「東北地震」）の発生後，慶長三陸地震による津波が，東北地震による津波と同様に広域的に高かったと判断し（例えば，蝦名，2014；岩本，2013），この津波を再現するためには，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震（Mw8.4～8.7）（今井･他，2015），あるいは，Mw9.0の津波地震（福原･谷岡，2017）を考える必要があることを，津波シミュレーションに基づき議論している．この判断は，三陸地方や仙台平野に伝わる津波の伝説や伝承を含む歴史記録に基づく津波高や浸水範囲（例えば，羽鳥，1975；都司･他，2011；蝦名･今井，2014）の推定が，東北地震と同等以上であることを主な根拠としている．しかし，津波高や浸水域の推定方法，推定に使われた歴史記録の信頼性について十分な検討が行われたとは言い難く，歴史研究者からも疑問が呈されている（例えば，菅野，2014；佐々木，2014；斎野，2017）．

そこで本研究では，同時代史料による慶長地震の特徴と東北地震を比較することにより，慶長三陸地震の震源像を考察した．

東北地震の発生時，東京は震度5弱～5強の強い揺れに長時間見舞われ，本震後24時間以内の有感地震は200回を越えた（気象庁震度データベースによる）．さらに，長野県北部でMw6.7，静岡県東部でMw6.4の誘発地震が発生し，被害も出た．よって，慶長三陸地震が東北地震と同規模のプレート間地震であれば，江戸では長時間の強い揺れとそれに伴う大被害，さらに，数日以上にわたる余震・誘発地震による揺れが記録されている可能性がある．実際に，寛政五年一月七日（1793年2月17日）の宮城県沖の地震（M8.0～8.4）では，江戸で小被害と地震後2日間で約50回の有感地震が記録されている（宇佐美･他,2013）．

慶長三陸地震発生時の江戸には，京都の公家の山科言緒と舟橋秀賢が滞在しており，それぞれ，『言緒卿記』に「（廿八日）辰刻大地振，（廿九日）至夜地動」，『慶長日件録』に「（廿八日）午刻地震，（廿九日）丑刻地動」と記している．本震の震度は3程度と推定され，長時間揺れたという記述はない．また，余震によると思われる揺れは，本震翌日の“地動”が1回記録されているのみである．さらに，両日記には，地震翌日に武蔵野見物に行った様子が記されており，有感地震が続発した状況はみられない．『駿府記』によれば，徳川家康は十月廿六日以降に現埼玉県内で何事もなく鷹狩りを挙行している．また，東北地震後のような誘発被害地震の記録もない．したがって，関東において，本震の揺れが弱く，活発な余震活動や誘発地震の記録がない慶長三陸地震が，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震であったとは考え難い．

斎野（2017）によれば，仙台平野の考古遺跡からは，岩沼市の高大瀬遺跡を除いてこの地震によると考えられる津波堆積物は確認されていない．また，岩手県宮古市の沼の浜，福島県南相馬市の井田川低地においても確認されておらず（Goto et al. 2019; Kusumoto et al. 2018），慶長三陸地震の津波の規模は東北地震より小さかった可能性が高い．

以上より，この地震は，三陸海岸で10m以上の高い津波を発生させたが，東京において本震の揺れが弱く，余震もほぼ感じられなかった明治三陸地震か昭和三陸地震と同タイプの地震であった可能性が高い．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なお，後世に成立した史料や成立年不明の史料の中には，慶長三陸地震の5年後の元和二年（1616年）十月廿八日に地震と津波があったことを示す史料が含まれる．例えば，『大槌古館由来記』では「元和二年丙辰年大津波，其日十月廿八日八日市日ニて，朝よりゆり出度々地震仕候，」の記述がある．

元和二年には，七月廿八日に仙台城の石垣･櫓に大被害を与えた大地震が記録されており，（『伊達治家記録』），時刻は異なるが江戸における長時間の地震の揺れの記述もある（『イギリス商館長日記』）．商館長日記には，翌日にも江戸で2,3回の地震があったと記述されている．したがって，『大槌古館由来記』のような史料では，慶長三陸地震と元和二年の大地震とが混同されている可能性がある．今後，慶長三陸地震の地震像を考えるに当たり，元和二年の大地震を含めた検討が必要である．

キーワード：1611年慶長の三陸地震、プレート間超巨大地震、史料の信頼性、一級地震史料、津波高と津波浸水域、津波堆積物
Keywords: 1611 Keicho earthquake, a giant interplate earthquake, reliability of historical records, primary historical documents, tsunami heights and inundation areas, tsunami traces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

*Liao Jhih Hao[1]、Shyu J Bruce[1]、Iryu Yasufumi[2]、Tsutsumi Hiroyuki[3]、Chia-Yu Chen[1]
*Jhih Hao Liao[1], J Bruce H Shyu[1], Yasufumi Iryu[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Chia-Yu Chen[1]

1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan
1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan

The islands of Japan are located at the boundaries between the Eurasian, Philippine Sea, and Pacific plates, with frequent earthquakes and numerous active structures. In the Tohoku Region, for example, the Ou Backbone Range is bounded on its both sides by two major active structural systems: the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin in the west and the Western Marginal Fault Zone of the Kitakami Lowland in the east. However, the relative activeness and characteristics of these two systems are still not clear. As fluvial systems are capable of recording variations of topography caused by tectonic, climatic, lithologic, and anthropogenic influences, we hope to further understand these two structural systems using fluvial geomorphology of the Ou Backbone Range area.

In this study, we analyzed river profiles to obtain the geomorphic index χ and the river steepness index (k_{sn}). The results show that the steepness index of river channels along the two flanks of the Ou Backbone Range are different, likely indicating different tectonic activities. However, we also found a number of knickpoints along several river networks. We investigated these knickpoints with satellite imagery and field surveys. Our results show that these knickpoints are mostly produced by local resistant rock layers or check dams, instead of reflecting different states of tectonic activity.

Therefore, we were able to exclude the influence of the knickpoints and to focus only on the results of river steepness index. The results show that rivers along the western flank of the Ou Backbone Range generally have steeper channels than those along the eastern flank. This suggests that the uplift rate of the range’s western flank is higher, and the structures in the west may have higher activity. The results are consistent with the vertical slip rate estimates of the faults; ~1 mm/yr for the western flank and 0.2-0.4 mm/yr for the eastern flank. Moreover, the northern segment of the range’s western flank has the steepest river channels. This result appears to correspond with the surface ruptures of the Senya fault, Ota fault, and other related faults during the 1896 Rikuu earthquake. As a result, we propose that the northern segment of the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin may be the primary structural system in the region, producing the faster uplift of the range and rapid subsidence of the basin, and steeper channels along the western flank of the Ou Backbone Range.

キーワード：Neotectonic activity、river steepness index、fluvial geomorphic index χ、Ou Backbone Range、Japan
Keywords: Neotectonic activity, river steepness index, fluvial geomorphic index χ, Ou Backbone Range, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録ー予報ー

Tsunami record of the last 700 years in bottom sediment of lake Kasumi-ga-ura, southeastern part of Ibaragi Prefecture

*井内 美郎[1]
*Yoshio Inouchi[1]

1. 早稲田大学人間科学学術院
1. Faculty of Human Sciences, Waseda University

茨城県東南部に位置する霞ケ浦は，利根川筋を通じて太平洋と連絡している．今回試料を採取した霞ケ浦中央部は，利根川河口から最大約50kmの距離がある．また，2011年3月の東北地方太平洋沖地震の際に観察された津波高は，利根川河口で+2.5m，河口から約18kmの河口堰で最大Y.P.+2.4m(T.P.+1.6m)が観測された（独立行政法人水資源機構 利根川下流総合管理所・利根川河口堰管理所ホームページより）．このような情報を背景に霞ケ浦湖底堆積物の検討を行った．2018年8月21日，霞ケ浦の湖心域水深約6mにおいて押し込み式柱状採泥器を用いて77cm長の試料を採取した．採取試料についてＣＴスキャナを用いてCT画像を撮影し，厚さ1cm毎に粒度分析用試料を採取した．試料断面肉眼観察の結果，深度42cmに浅間Aテフラ，深度50cmに富士宝永テフラが，深度70～73cmにヤマトシジミ殻数個が確認できた．CT画像観察と粒度分析の結果，通常の堆積物は体積重み付き平均粒径で10マイクロメーター以下であるのに対して，10マイクロメーターを上回り，CT画像で上下の層準より相対的にX線の透過が劣るという特徴のある10層準以上のイベント層が確認できた．それらの層準は，砂粒子を実体顕微鏡で観察した結果，石英・長石・輝石などの鉱物粒子や軽石・スコリア粒子などのほか，微量の植物片や貝殻片が確認できるばあいがある．堆積物の乾燥重量とテフラの降下年代を基に重量堆積速度を求め，それぞれのイベント堆積物の堆積年代を推定したところ，歴史的な大きな津波の年代と近似することが明らかになった．先に述べたように，霞ケ浦は太平洋から50㎞以上離れており，利根川筋を通じで遡上した津波高は早急に減衰することが考えられるが，今回の調査の結果，いくつかの大きな津波は，利根川流域の底質を巻き込みながら，霞ケ浦にまで到達した可能性が高いことが示された．その主なものは，1933年昭和三陸津波，1909年千葉房総沖地震津波，1896年明治三陸地震津波，1877年および1837年チリ地震津波，1703年元禄地震津波，1677年延宝房総沖地震津波，1605年慶長地震津波または1611年慶長三陸津波，1586年天正13年津波，1498年明応地震津波または1454年享禄地震津波，1361年正平16年地震津波などの可能性がある．

キーワード：津波、地震、湖沼、堆積物、粒度
Keywords: tsunami, earthquake, lake, sediment, grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出
Detecting concealed fault by microtremor H/V study in Miura Peninsula

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1]
*Kazuzi Ogawa[1], Yasuyuki Iwase[1], Takumi Murakoshi[1], Toshihisa Itano[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy

関東地方南部に位置する三浦半島は多くの活断層が存在する。5万分の1地質図幅 横須賀(1998)によると、葉山地域湘南国際村の中心部におよそ東西走向の伏在断層があると考えられている。本研究では、存在しているとされる断層（伏在断層）を検出する手法として、常時微動観測による断層の検出を目指している。常時微動とは、地震の無い時にも常に地面を揺らしている振動のことである。常時微動は自然現象や人間活動に起因する、一見ランダムなノイズだが、伝播の媒質となる地盤の情報を含んでいる。現在では、常時微動のH/Vスペクトル比を用いた研究は観測の利便性もあり、 中村ほか(1986)の従来の地盤評価、Gueguen et al.(2000)の地下構造推定を経て、渋谷(2008)やSant et al.(2017)のような活断層の検出という風に応用が広がっている。

本研究では、常時微動観測は地質図に示されている伏在断層を横切るように南北約700mの範囲内の15か所の観測点で実施した。観測は、JU410（白山工業）を用いて行い、サンプリング周波数は100 Hzとした。また、各観測点で15分間計測した。解析は、データウィンドウ長を20秒とし、45個のデータセットのうちノイズの激しい部分を除去したデータセットからH/Vスペクトル比を計算し、その平均値を用いた。データセットにはオーバーラップは認めていない。本研究のH/Vスペクトル比の算出方法は、以下の通りである。まず南北・東西・上下方向の加速度波形からそれぞれのフーリエスペクトルを求める。次に、スペクトルの南北成分の2乗と東西成分の2乗の和の平方根を、上下成分で除すことからH/Vスペクトル比を求める。また、南北成分を上下成分で除す及び東西成分を上下成分で除すことからNS/UD、EW/UDをそれぞれ求める。H/Vスペクトル比の算出と、NS/UD及びEW/UDの算出は別々に行う。このことから、南北方向と東西方向について異方性を考慮することができる。

解析の結果、H/Vスペクトル比の卓越周波数は地質図に示された伏在断層のおよそ100 m南を境に北部では5 Hz程度、南部では3 Hz程度であり、伏在断層の直交方向の卓越周波数の変化が確認された。このことは湘南国際村の中心部において、北から南に向かい、基盤岩と堆積層の境界が深くなっている可能性を示している。また、H/Vスペクトル比のピークが見られる周波数においてEW/UDがNS/UDに対して卓越していることが確認された。このことは、湘南国際村の中心部において東西方向に伏在断層が存在し、常時微動H/Vスペクトル比が卓越する周波数において伏在断層の走向と同じ方向にスペクトルが大きくなるという異方性がある可能性を示唆している。またこのような異方性を意識した常時微動観測・解析は今後の断層研究その他の発展につなげていけると期待できる。

キーワード：常時微動、H/Vスペクトル比、伏在断層、異方性
Keywords: Microtremor, H/V spectral ratio, Concealed fault, Anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度
Distribution, geometry and slip rates of branch faults around the Kita-Izu fault zone

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Ryuhei Oda[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

伊豆半島北東部には，ほぼ南北の一般走向を持つ北伊豆断層帯が存在し，その東側一帯には南東方向に派生する分岐断層群（地震調査研究推進本部，2005）が分布する．しかし，これら分岐断層群の変位速度はほとんど明らかにされていない．池田ほか（1996）は震源断層と地表の活断層群との一連のシステムについて述べ，近接して分布する活断層群の関連性を理解することが，震源断層の活動を推定する上で非常に重要であるとしている．地表で主断層とそれから枝分かれする分岐活断層の関連性を明らかにするために，分岐活断層の基礎的情報（分布・形状や変位速度）を明らかにする必要がある．加えて，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布・形態や形成年代についてもほとんど分かっていない．そこで，本研究では，北伊豆断層帯の中でも大きな変位が確認されている主断層（丹那断層・浮橋中央断層）に斜交・並行する分岐活断層を対象とし，これら分岐活断層の分布・形状や変位速度を明らかにする．さらに，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布や形態を明らかにし，それらの形成年代についても考察する．

本研究では，まず地形判読を行い，地形面区分図と活断層分布図を作成した．そして，国土地理院提供のDEMデータを用いて，分岐活断層の累積変位量の測量を行った．現地調査では，判読した活断層の踏査と断層周辺の地形面を構成する堆積物の観察を行った．

地形判読から，研究地域の地形面を丘腹緩斜面，台地状緩斜面（高位・低位），扇状地面，火山麓扇状地面，河成段丘面（一部については細分した）に区分した．また，活断層分布図では，活断層，推定活断層，活断層の可能性があるリニアメントに分けて図示した．その結果，北伊豆断層帯は主に雁行する左横ずれ断層によって構成され，北端部の芦ノ湖南周辺や南端部の早霧湖周辺では，東西走向の右横ずれ断層が分布することが分かった．丹那断層と浮橋中央断層に斜交・並行する分岐活断層は，丹那断層と浮橋中央断層の主に東側に分布し，ほぼ南北走向の左横ずれ断層や北西一南東走向，東西走向の右横ずれ断層が存在することが分かった．露頭調査では，地形面の形成年代を推定することが可能な堆積物を確認することができなかった．そのため，精度は低くなるが，本研究では，5万分の1地質図「熱海」（及川・石塚，2011）を用いて，地形の基盤を成す地質の年代を地形面の形成年代の下限とした．

断層変位地形から求めた上下・横ずれ累積変位量と，地形面の下限の形成年代を用いて，分岐活断層の変位速度の下限を算出した．その結果，研究地域の分岐活断層の横ずれ変位速度の下限は主に0.10～1.0 mm/yr，縦ずれ変位速度は主に0.01～0.10 mm/yrを示した．同様に，丹那断層と浮橋中央断層の変位速度を算出し，分岐活断層の変位速度と比較したところ，分岐活断層の横ずれ変位速度は丹那断層と浮橋中央断層より1桁小さいことが分かった．したがって，分岐活断層の活動性は，丹那断層と浮橋中央断層のそれよりも低いと考えられる．今後は，精度のよい変位速度を求めるために，堰き止め谷での掘削調査などを行う必要がある．

また，丹那断層の北部には，南北または北西一南東走向の左横ずれセンスを持つ活断層が分布する．これらの活断層は丹那断層とミの字型の雁行配列をなし，分岐活断層と比べて大きな変位速度の値を示す．さらに，北伊豆断層帯の最新の活動である1930年北伊豆地震時に丹那断層と共に活動した可能性がある（松田，1972）．これらのことから，丹那断層の北部に位置する一部の活断層は，丹那断層の北端部を構成する活断層であることが示唆される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：北伊豆断層帯、丹那断層、浮橋中央断層、分岐活断層、変位速度
Keywords: Kita-Izu fault zone, Tanna fault, Ukihashi central fault, branch faults, slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査
Paleoseismology of the southern part of Kamishiro fault, ISTL active fault zone, central Japan

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ
*Kotaro Mizutani[1], Daisuke Hirouchi[1], Nobuhisa Matsuta[2], Tatsuya Ishiyama[3], Nobuhiko Sugito[4], Ken-ichi Yasue[5], Yoshihiro Takeshita[1], Natsuko Fujita[6], Hiroshi Sawa[7], Ryosuke Doke[8], Haruo Maruyama[9], Kazutaka Ikeda[10], Kamishiro Fault

1. 信州大学、2. 岡山大学、3. 東大地震研、4. 法政大学、5. 富山大学、6. 日本原子力研究開発機構、7. 鶴岡工業高等専門学校、8. 神奈川県温泉地学研究所、9. 木曽青峰高校、10. 望月小学校
1. Shinshu University, 2. Okayama University, 3. ERI, University of Tokyo, 4. Hosei University, 5. Toyama University, 6. JAEA, 7. Tsuruoka Nat.Col.Tech., 8. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Pref., 9. Kisoseiho High school, 10. Mochiduki Elementary School

1. はじめに

2014年11月22日に発生した神城断層の一部を震源とする長野県神城断層地震（M6.7）は断層のおよそ北半分において最大変位量約1mに及ぶ地表地震断層を出現させた。地震後，変位量調査やトレンチ掘削調査などが行われ，一つ前の地震は1714年の小谷地震の可能性が高いことなど徐々に明らかになっている。一方で，断層南半部の活動履歴など断層の活動履歴などは断層北半部と比較してまだ十分ではない。

また青木湖以南では左横ずれ変位を示す断層トレースも指摘されており（柏木，1987；柏木ほか，1988），都市圏活断層図「大町 改訂版」（廣内ほか，2018）では左横ずれ断層が改めて記載され，北半部と比較した活動履歴や活動特性の解明が待たれている。

2. 変動地形から見積もられる横ずれ変位速度

本研究では，神城断層における空中写真判読を行い，変動地形の記載を行った。またトレンチ掘削調査を実施した。青木湖南岸では２条の断層（廣内ほか，2018）が指摘されるが最も東側の断層の北延長において，新たに左屈曲した尾根や河谷を新たに見出した。尾根の屈曲量は約43mである。尾根基部でのトレンチ調査より，尾根は湖成層によって構成されるバルジであり約2万年前(21330±90yrBP)の年代試料が得られたことから，左横ずれの変位速度約2.0m/ky(min)が算出される。この値は西側に分布する東側隆起の逆断層の上下変位速度約2m/ky（松多ほか，2006）と同等の値であり，従来の知見と合わせると大きな左横ずれ変位を持つ断層が少なくとも青木湖南岸まで連続することが明らかとなった。

3. トレンチ掘削調査

青木湖南岸の左屈曲した尾根の基部でトレンチ掘削調査を行った。掘削地点は東側の山地から西に広がる扇状地に，左屈曲し西側隆起の尾根（バルジ）が塞ぐ形で新しい堆積物をトラップしており，活動履歴の痕跡を得られる可能性が高い地点である。

トレンチ壁面には幅約15mにわたって地層が西上がりの変形を受け，西側ほど直立に近い変形を被っており，東に向かって新しくなるよう分布する。西側の地層は風化した大峰帯の一部であり，これを覆って暗色の湖成層と流入する周辺層の互層が認められる。湖成層上部の試料から約2万年前(21330±90yrBP)の年代値が得られた。湖成層の上位にはさらにほぼ直立した青灰色の砂層，砂礫層が堆積するが，大部分は淘汰が悪く，土石流とこれを覆う淘汰の良い砂が堆積する。この砂礫層上位には明灰色のシルト～粘土層が堆積するが，これらは西上がりの低角断層により引きずられるような変形を受け，大きく東へ撓み下がって低下側にトラップされた腐植層と接している。低下側の腐植層は数層に区分されるが。下位のものほど東へ傾きブルドージングによって一部厚くなるような変形を受け，上位の腐植層が傾斜不整合でこれを覆う。これらの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セットが少なくとも3層準認められた。腐植層最下部の試料からは4720±30yrBPの年代値が得られ，約4700年前以降少なくとも2-3回のイベントが認められる。現在イベントの年代に関わる試料の年代測定を進めている。

　また青木湖南方の木崎湖北東部の海ノ口地区でも左横ずれ断層のトレンチ掘削調査を行っており，壁面からは非常に高角な断層が観察されている。こちらもイベントが複数回認められているが，そのイベント時期などは現在調査中である。

キーワード：糸魚川-静岡構造線断層帯、古地震、神城断層、活断層
Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Paleoearthquake, Kamishiro fault, Active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史
Geotectonic history of the Inadani fault zone in southern part of Nagano prefecture, central Japan

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1]
*Shuuhei Tsukui[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

中部日本は数多の活断層が分布している，日本有数の活断層密集地域である(活断層研究，1991)．これらの活断層の多くはNE－SW走向とNW－SE走向を有する高角横ずれ断層群として特徴づけられる．このように横ずれが卓越する地域にありながら，長野県南部に分布する伊那谷断層帯は低角な逆断層として特徴付けられる特異な断層帯である．また，中部地方に分布する活断層の多くは，NE－SW走向とNW－SE走向のうち，どちらか一方のトレンドに分布するが，伊那谷断層帯は一つの断層帯の中でNE－SW走向とNW－SE走向両方の姿勢を持つという点においても特異である．

伊那谷断層帯は，従来NE走向の並列する逆断層群として考えられてきたが，地震調査研究推進本部(2007)によって断層帯南方の断層群に対する活動性の評価が改められ，起震セグメントとしては伊那谷断層帯主部と伊那谷断層帯南東部の2つに区分されることが認識された．伊那谷断層帯主部と南東部はNW走向の活断層である下条山麓断層によって接続されており，従来考えられてきたよりも複雑な断層幾何学を形成していることが分かった．このように推本(2007)によってその運動像に対する認識が改められた伊那谷断層帯が，どのようにして特異な形態を発達させてきたのかを解明することは中部地方のテクトニクスを理解するうえで重要な課題になると考えられる．

伊那谷断層帯の構造発達史を解明するために，より長期の変形を記録していることが期待される花崗岩分布域において調査を実施した．地表踏査では断層の形態や運動センス，断層岩の性状などに着目して調査を行った．調査にて得られたデータから室内作業にて，多重逆解法(山路，1999)を用いた応力解析を行った．また得られた断層岩試料はXRD分析を行い、含有する粘土鉱物の同定を行った。

断層同士の切断関係や，応力場の推定から，本地域の変形は3つの変形ステージに区分された．Stage:1~Stage:2は高角N－S走向のカタクレーサイトを伴う変形であり，Stage:3は低角～中角の断層ガウジを伴う変形であった．Stage:1では，E－W圧縮の横ずれ応力解が，Stage:2ではNW－SE圧縮の横ずれ応力解が，Stage:3ではENE－WSW圧縮の横ずれ～逆断層応力解が検出された．

XRD分析を行った結果、全ての断層ガウジにIlliteとSmectiteが含まれ、試料によってその量比を変化させていた。

本地域は西南日本東部に位置し，日本海拡大に伴う，地塊の時計回り回転と，伊豆弧衝突に伴う地塊の反時計回り回転を被っているため，応力方向について議論するためには，この影響を補正する必要がある．補正後の応力場は，Stage:1：東西圧縮応力場，Stage:2：南北圧縮応力場，Stage:3：東西～北東－南西圧縮応力場となり，香取(2016MS)で検出された屏風山断層に同様の補正を施した応力方向とよく一致する．したがって，今回検出された応力は，中部地方に広域的に作用する応力であるといえる．広域応力の原因をプレートの動きに求めるなら，本地域で最も古い断層岩であるカタクレーサイトは40Ma以降の太平洋プレートの西進を駆動力として形成された可能性がある．

キーワード：伊那谷断層帯、断層岩、活断層、粘土鉱物
Keywords: Inadani fault zone, Fault rock, Active fault, Clay mineral

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴
Characteristics of the fault zone with only the recent slips in the Atera Fault

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2]
Atsushi Nishida[1], *Tomoyuki Ohtani[1], Takuya Niimi[1], Jun'ichi Tsubaki[1], Keiichi Ueta[2]

1. 岐阜大学工学部社会基盤工学科、2. 電力中央研究所
1. Department of Civil Engineering, Gifu University, 2. CRIEPI

活断層の活動性評価には若い被覆層が必要であり，現状ではそれがなければ評価を行うことができない．そこで，基盤岩の断層破砕帯より活動性を評価する手法の開発が望まれる．その際、地表に露出する活断層破砕帯の最新すべり面では直近の過去にすべりを生じただけではなく、それ以前にもすべりを生じている可能性があり、複数回のすべりにより生じた変化の累積を現在観察していることに留意が必要である。よって、過去にすべりが生じた深度が現在と同じ地表付近であるとは限らず、より深部で同じすべり面で活動した可能性がある。そこで、断層破砕帯が直近の過去および最近数回のみの変位により生じる現象を理解するためには、最近数回のみ変位を生じた破砕帯を対象とする必要がある。そのような破砕帯として、岐阜県中津川市付知町田瀬の阿寺断層破砕帯がある。この露頭では阿寺断層は主として下盤側の第四紀砂礫層と上盤側の白亜紀花崗岩の境界として認識される．断層は露頭上部では二条に分岐しており，下側の断層面は砂礫層と花崗岩の境界，上側は花崗岩の内部に位置している．なお、上側の断層面は最上部の一部で砂礫層と接している。遠田ほか(1994)は本露頭で3回の地震イベントを認定しており，上側の断層面は最近数回のみ活動したことがすでに知られている．そこで、この上側の断層面を調査することにより、最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の有する特徴を明らかにすることが本研究の目的である。

この断層面において，詳細な露頭観察を行い、その上で主として断層ガウジ帯に沿って破砕帯試料を採取し，薄片観察、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った．露頭観察により、上側の断層面は上側と下側の断層面の分岐点からさらに二条に分岐していることが明らかとなった。ここでは両者をそれぞれA1, A2破砕帯と呼ぶ。両者の破砕帯では最新すべり面に沿って分岐点から4 mまでは茶褐色断層ガウジ、それより先では明灰色断層ガウジが分布している。遠田ほか(1994)の炭素14年代測定結果を踏まえると、最新すべり面はA1破砕帯であると考えられる。このA1破砕帯の累積変位量は花崗岩上面の分布より2.5 mであると求められる。岩石薄片観察より、A1, A2破砕帯では周囲の風化花崗岩起源の鉱物片を取り込んでいる。粉末X線回折分析より，A1破砕帯で分岐点から1 mまではスメクタイトが認められる。また、蛍光X線分析より，Mnの濃集部がA1, A2破砕帯でそれぞれ分岐点から4 mと3 mまで分布している。

上側破砕帯の活動開始以前には下側破砕帯が活動しており、これにはスメクタイトとMnが周囲の岩石より多く含まれるとともに最新すべり面は茶褐色断層ガウジからなる。よって、上側破砕帯に含まれるスメクタイトとMn濃集部、茶褐色断層ガウジの一部は下側破砕帯から断層変位に伴って引きずられたと考えられる。一方で、A1破砕帯の累積変位量 2.5 mに対してスメクタイトの分布は分岐点から1 m、Mn濃集部と茶褐色断層ガウジの分布は4 mと一致しない。これは、A1破砕帯では薄片観察により周囲の岩石由来のフラグメントが取り込まれていることから、スメクタイトの量比の減少により粉末X線回折分析の検出限界以下となったこと、またA1破砕帯の形成後に新規のMn濃集が生じたことが考えられる。なお、A1破砕帯にフラグメントが取り込まれる理由は、極浅層で低封圧条件下であるために最新すべり面における構成粒子の細粒化ではなく、すべり面周囲でのクラック形成が卓越するためであると考えられる。

キーワード：断層破砕帯、最近の変位、阿寺断層
Keywords: fault zone, recent slips, Atera Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例
Identification of active fault location using real-time ground measurements of atmospheric methane concentration by portable Cavity Ring-down Spectroscopy system: Case study at the Atera fault

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4]
*Michito Shimo[1], Masakazu Niwa[2], Kenji Amano[2], Tomochika Tokunaga[3], Kenichi Tonokura[3], Toshifumi Matsuoka[1], Sebastien Biraud[4]

1. 公益財団法人　深田地質研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4. ローレンスバークレー国立研究所
1. Fukada Geological Institute, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Department of Environment Systems, University of Tokyo, 4. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

１．はじめに

断層や破砕帯は，しばしば地下深部起源のガスが地表に達する移動経路となることから，地表における微量なガス徴をとらえることにより，断層の分布や活動性に関する有用な情報が得られる場合があると期待される．近年，ガス分析技術の革新的な進展は目覚ましく，キャビティーリングダウン分光法（以下，CRDS法）を用いたメタンガス分析装置は，数ppbの計測分解能で0～5000 ppmというダイナミックレンジと1秒以下の時間分解能を達成している．CRDS法は，キャビティ（測定容器）の中にレーザー光を注入し，一対の高反射率ミラー間を多数回反射させた時にミラーから漏れ出す光の強度を測定し，その減衰率からキャビティー内のガス濃度を求めるもので，O’keefe ら（1988, Review of Scientific Instruments, 59, 2544）により発明された技術である．現在では，原位置測定に用いるためのバックパック式の可搬型測定装置が開発されている．本研究では，CRDS法による活断層調査への適用性について検討するため，岐阜県東部の阿寺断層地域を対象とした極微量メタンガス濃度測定を実施した．

２．測定概要

阿寺断層において，2台の可搬型測定装置（G4301およびG4302：米国Picarro社製）を用いて地表でのガス濃度測定を行った．両装置ともメタンガス濃度を3 ppbの精度で測定可能で，応答時間は1秒以下である．測定データはWi-Fiで無線接続されたタブレット上でリアルタイムに確認できる．

メタンガス測定は，中津川市田瀬の断層露頭および，同市付知町倉屋の阿寺断層崖周辺の2か所において実施した．露頭での測定の際は，円筒状のガス採取容器を地表に設置し内部のガスを吸引することにより，断層から放出されるメタンガスの濃度を測定した．一方，断層崖周辺では，車中に設置した2台の装置の各々の吸気チューブの先端を車外に出し，大気を吸引しながら低速（数km/h～30 km/h）で走行し，道路沿いの微量メタンガス濃度を連続測定した．一台の装置（G4302）にはGPSアンテナを取り付け，位置データを併せて取得した．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３．測定結果

露頭での測定により，20～30 ppmのメタンガスの放出が確認された．メタンガスは断層面沿いの断層ガウジの直上でのみ確認され，断層面から1m程度以上離れた場所では確認されなかった．すなわち，地中からのガス放出経路が断層面の極近傍に限られていることが明らかになった．一方，断層崖周辺での測定では，道路と断層崖が交差する互いに約1 km離れた2つの地点のみにおいて，メタンガスの明瞭なアノマリ（1.95～2.05 ppm）が確認された．測定地域のメタンガス濃度のバックグラウンドは1.85～1.88 ppm程度であり，約0.1ppm（100ppb）の濃度差は，装置の測定精度3 ppbと比較して明らかに有意な応答である．このアノマリは，それぞれの地点で断層崖をまたいで車で複数回通過する度に確認され，再現性のある結果であることが分かった．また，2台の装置とも同じ時刻で同様な測定結果が得られたことから，装置に起因するノイズではないことが確認された．

４．まとめ

阿寺断層露頭での測定により，断層面の極近傍からメタンガスが放出されていることが確認された．なお，黒澤ほか（2010, JAEA-Data/Code 2010-036）によっても阿寺断層におけるメタンガスの原位置測定が実施されており，場所によっては100 ppmを超える濃度も確認されている．一方，断層崖付近では，バックグラウンドと比較して0.1 ppm程度の濃度上昇が確認されたことから，大気により約1/1000程度に希釈されていると考えられる．このようなごく微量のメタンガス濃度の変化は，従来技術で捉えることは困難であり，CRDS法を用いた測定技術により初めて可能となった．今回用いたCRDS技術は，可搬型でかつリアルタイムでの測定が可能であるため，地表におけるガス濃度分布やその時間変化を容易に把握できる．今後，他の断層でもデータを蓄積することにより，測定結果の信頼性などの検証が必要であるが，今回の測定によりCRDS方式による微量ガスの測定技術が，地下流体の移動経路となっている活断層の分布を知る有用なアプローチの一つとなる可能性が示された．

本報告は，公益財団法人深田地質研究所の研究事業の一環として活動している「高精度微量ガス測定技術を用いた各種探査に関する研究委員会，委員長：徳永朋祥東京大学教授」の平成30年度成果の一部であり，委員の方々に謝意を表する．

キーワード：メタン、活断層、ガス移動、キャビティリングダウン分光法、調査、濃度測定
Keywords: Methane, Active fault, Gas Migration, Cavity Ring-Down Spectroscopy, Exploration, Concentration Measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠
Geomorphological evudence of a newly found active fault along the Shirakawa fault in western part Gifu Prefecture

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1]
*Yorihide Kohriya[1], Masashi Omata[1], Hiroshi Yokota[1]

1. 株式会社パスコ
1. PASCO CORPORATION

1.はじめに

近年，航空機を用いたレーザ計測（LP）の進展により詳細な地形DEMが作成され，様々な微地形が表現できるようになった．2008年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層については0.5mメッシュDEMにより国見山南麓に出現した断層トレースを詳細に表現した（丸山ほか2011）．山間地における断層トレースは植生の影響から写真からでは検出が難しく，LPによるDEMが有用な手法となっている．

本報告では岐阜県庄川村の庄川沿いに取得したLPデータを基に1mDEMを作成したところ，庄川断層帯白川断層の副断層として活動した可能性がある断層変位地形を新たに確認した．

使用したLPデータは，北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所において2016年に取得したものである．なお，LP計測と同時に撮影した写真からでは植生の影響によりこれらの地形を認識することは困難である．

2.断層変位地形の性状

調査地域の西側に位置する庄川沿いの木谷地区では白川断層のトレンチ調査が実施されている（杉山ほか1993）．木谷地区におけるトレンチ調査からは2,500y.B.P.以降に少なくとも1回の古地震イベントが確認されている．しかしながら，最新活動時期や繰り返し間隔は不明確なところが多い．

新たに発見した断層地形は岐阜県庄川村木谷東方に位置する庄川支流の野々俣谷右岸斜面で，地形の連続は長さ約1.3kmに達する．断層変位地形は西傾斜の山腹斜面に緩傾斜～逆向き崖が線状に確認された．鉛直成分は白川断層と同様に西側隆起で，地形断面から10～20m程度の隆起量が確認できる．断層変位地形を挟んで尾根に不明瞭ながらも左横ずれを読み取れる．

さらに断層地形の北側延長において山腹斜面頂部となる尾根に200m程度の左横ずれが認められ，この断層は繰り返し活動があるものと推定される．

断層地形の南部にはトレンチ調査に適した明瞭な逆向き崖や比較的広い緩傾斜面が分布している．

この地点は白川断層の主断層トレースとは異なり，河川運搬による粗粒堆積物の堆積がなく，削剥による地層の欠損が少ないことが想定され，白川断層の最新時期を特定できることが期待される．

【参考文献】

丸山 正・遠田晋次・吉見雅行・安藤亮輔・高田陽一郎・斎藤英二・林 舟・小俣雅志（2011）2008年岩手・宮城内陸地震に伴い岩手県奥州市国見山南麓に出現した地震断層北端部の性状．活断層研究, 34, 1-12.

杉山雄一・粟田泰夫・佃 栄吉（1993）1990年御母衣断層系・白川断層（木谷地区）トレンチ調査．活断層研究, 11, 65-70.

キーワード：白川断層、断層地形、DEM
Keywords: Shirakawa Fault, fault topography, Digital elevation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福井県北部、丹生山地周辺の活断層
Active faults around the Niu Mountains, northern part of Fukui Prefecture, Japan

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2]
*Masayoshi Tajikara[1], Takashi Nakata[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Hideaki Goto[2]

1. 公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2. 広島大学、3. 同志社大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Hiroshima University, 3. Doshisha University

丹生山地は福井県北部に位置する標高600m程度以下の中～低山性の山地で、西は日本海に面し、東は福井平野に接する。丹生山地西方の日本海沿岸海底には、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯が分布する（地震調査研究推進本部，2004；杉山ほか，2013）。丹生山地西部の日本海沿岸には海成段丘が発達し、北部ではそれらの海成段丘面を変位させる鮎川断層群が発達する。丹生山地の東部には、更毛断層、朝日断層、蝉口断層、鯖江断層、小曽原断層などの活断層が認定されている（活断層研究会編，1991など）が、それらの断層変位地形についての詳細な記載はなされていない。今回、空中写真および国土地理院5-10mDEM立体視画像の詳細な判読を行った結果、既報の活断層とは一部異なる位置形状が得られたので、その分布と断層変位地形について報告する。また、これらの活断層のテクトニックな意義について若干の考察を行う。

・鮎川断層群

丹生山地北部西縁海岸沿いの段丘面上に分布し、その多くは段丘面を逆向きに変位させている。長さ1km程度の短い断層トレース群からなる（太田，1973など）。今回の調査の結果、既報のトレース以外に数条の断層トレースが新たに認定された。

・更毛断層

更毛断層は、福井市下市町付近から西別所町付近へ至る、全体で長さ11.5kmほどの東北東－西南西方向に延びる活断層である（今泉ほか編，2018）。今回の調査の結果、西部で雁行する数条の断層トレースが新たに認定された。更毛より西方では数条の雁行する長さ3km程度の短い断層群からなるが、東方では1条のトレースとなる。断層トレースを横切る多くの河谷が右屈曲しており、断層の右横ずれ変位が推定される。また、本断層は丹生山地と南東の低地・丘陵地の境界に位置し、その境界が南向きの急崖をなしていること、急崖の北側斜面は比較的緩勾配であり、分水界沿いに風隙地形が多数発達することから、大局的にみて北西上がりの変位を持つと推定される。ただし、西部の平尾付近の2条のトレースは、志津川沿いの中位段丘面を逆向き（南上がり）に変位させており、副次的な断層と考えられる。

・朝日・蝉口断層

朝日・蝉口断層は既報（活断層研究会編，1991）では朝日断層、蝉口断層と別々の断層として記載されていたものであるが、今回の調査の結果、一連のトレースからなると判断されたため、一括して朝日・蝉口断層とした。本断層はほぼ南北走向、福井市御油付近から越前市小野町付近へと至る、長さ16kmほどの活断層である。断層変位地形は断層中央付近の越前町朝日～蝉口間で明瞭で、閉塞凹地状の小盆地、風隙、段丘面の撓曲変形、丘陵高度の不連続が認められる。中でも佐々生・蝉口付近の小盆地内の低位段丘面の撓曲崖は明瞭で、段丘面を西上がりに変位させていることは確実である。また、明瞭さでは劣るが、朝日付近の中位段丘面の撓曲変形は低位段丘よりも大きく、変位の累積性が認められる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・鯖江断層

鯖江断層は、福井市浅水町から鯖江市船津町へと至る、長さ約9kmのほぼ南北走向の断層である（見野，1986など）。今回の調査の結果は概ね既報と一致しているが、北端部と南端部で丘陵地の西縁が直線的な形態を示す区間を1kmほど延長した。人工改変が激しくやや不明瞭ではあるが、段丘面の東縁沿いに東向きの撓曲崖が発達することから、断層の西上がり変位が推定される。

・小曽原断層

小曽原断層は、越前町小曽原付近に発達する、北東－南西走向、長さ3km弱の活断層である。今回の調査の結果は既報（今泉ほか編，2018）と概ね一致する。小曽原付近の小盆地内にその南東縁が非常に直線的な高まりが北西流する小河川を堰き止めるように発達することから、断層の北西上がり変位が推定される。

テクトニックな意義

鮎川断層群は、北西海岸沿いの海底活断層（柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部）に非常に近接し、長さ1km程度の短い断層群であることから、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の一部をなす副断層と考えられる。更毛断層、小曽原断層、朝日・蝉口断層はいずれも（北）西上がり変位を持つことから、（北）西傾斜を持つと考えられる。これらの断層と柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部との距離は6-16kmほどであり、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部が東傾斜とされている（地震調査研究推進本部，2004）ことから、両者は地下で収斂している可能性がある。断層深部の傾斜角が不明であるため明確ではないが、反射法探査などにより断層の傾斜角を明らかにし、これらの断層の関係を明らかにすることが望まれる。鯖江断層も西上がり変位を持つことから、西傾斜の断層と考えられるが、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯とは20km程度離れており、独立のものと考えられる。

本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：丹生山地、活断層、更毛断層、蝉口断層、朝日断層
Keywords: Niu Mountains, active fault, Sarage fault, Semiguchi fault, Asahi fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

濃尾地震の被害から検証する岐阜一一宮線
Gifu-Ichinomiya Fault shown from the characteristics of the damage of the Nobi earthquake

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2]
*Nobuhisa Matsuta[1,2], Fumiaki KIMATA[2]

1. 岡山大学大学院教育学研究科、2. 東濃地震科学研究所
1. Okayama University Graduate School of Education, 2. Tono Research Institute of Earthquake Science

地震時に出現する地表地震断層の断層運動が建物被害に与える影響は未だに十分に解明されたとは言えない．2016年熊本地震でにおいて周期3秒の大きな揺れ幅を持つパルス状の地震動が観測され、建物に被害が生じた。鈴木ほか（2018)は，益城町において地表地震断層から 120m 以内の範囲に 全壊家屋の 94%が集中し，その範囲内においても断層に近づくほど被害率が上昇しているとし，地表地震断層 に沿って極めて強い震動が発生し，局所的に激しい建物倒壊を招いたとしている．このような現象は地表地震断層全域でみられるわけではないことから，断層浅部での被害につながる地震動の原因を究明することは包括的な新たな強振動モデルを作るうえで重要だと思われる．

過去に発生した地震において地表地震断層が出現した地震で家屋に対して多くの犠牲者が出る。三河地震や北丹後地震などで犠牲者数と全壊家屋数の比をとると、地表地震断層のごく近傍では一軒当たり複数の犠牲者が出る家屋が集中するという特徴がある。その理由は不明であるが、地表地震断層極近傍において被害を拡大させる自然現象が存在することが示唆される。

このことは、観測記録のない歴史地震の被害の特徴を分析することで、自然現象としての地震を評価できる可能性を示しており、犠牲者数と全壊家屋数の比が地表地震断層の出現を判断する指標となると考えた。

濃尾地震は1891年10月28日6時38分に発生した地震で、震源は岐阜県本巣郡西根尾村（現在の本巣市）付近とされるマグニチュ ード8.0の地震である．この地震により北北西一南南東走向に約76kmにわたり，根尾谷断層，梅原断層，温水断層などで地表地震断層が出現した．この地震は被害の集中域は根尾谷断層から梅原断層にかけての断層沿いのほか、平野部に3列確認することができ、その中でも、地震前後の水準測量の改測結果から１ｍ余りの緩やかな地殻変動（東側0.7mの隆起、西側0.3mの沈降）が認められた岐阜一一宮線は地表地震断層が出現した可能性を指摘されている。しかし、その有無は多くの地下構造調査を経ても結論が出ていない。

そこで、岐阜県岐阜測候所（1892）および愛知県警察部（1892）のデータの市町村データをもとに全壊家屋数と全戸数の比および犠牲者数と全壊家屋数の比をもとに濃尾平野内の地表地震断層の有無について検討した。

その結果、全壊家屋数の全戸数の比である倒壊率は根尾谷断層沿いで大きな値を示すこと、本巣から安八の揖斐川・長良川に沿った地域、羽島市から笠松にかけての地域、木曽川左岸の岐南市付近などで100%の倒壊率を示す。推定される岐阜一一宮線付近では値は高いものの、それを境に倒壊率が下がる。また、梅原断層の出現した地域では周辺と比較して倒壊率が高いことが確認できる。それに対して、犬山市、江南市、小牧市などでは倒壊率は低く、東側に急激に被害が小さくなる。

全壊家屋数と犠牲者数の比では、その値が大きい地域は根尾谷断層周辺と、縁辺部である。また岐阜から一宮にかけての区間も比較的高い地域となり、全壊率で高い値だった西側の地域の値はそれほど高くはない。た

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

だし、被害地域の縁辺部ではその値が高い地域がみられる。これは全壊家屋数も犠牲者も少なく、たまたま1－2人が犠牲になったため高い値を示している。また、火災が発生した地域ではこの値は大きくなるが、岐阜一一宮線に沿った被害をすべて火災で説明することには無理がある。

これらの結果から、岐阜一一宮線に沿って地表地震断層を伴う地殻変動があった可能性が高いといえる。

キーワード：濃尾地震、岐阜一一宮線、地表地震断層、全壊家屋、犠牲者
Keywords: Nobi earthquake, Gifu-Ichinomiya line, surface rupture, completely destroyed house, victim

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明

Electrical resistivity structure from the surface to the seismogenic zone below the Gomura fault zone, Kyoto, Southwest Japan

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4]
*Satoru Yamaguchi[1], Akira Mimura[1], Kazuki Fukue[1], Shigehiro Katoh[2], Hideki Murakami[3], Makoto Uyeshima[4]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 兵庫県立人と自然の博物館、3. 高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4. 東京大学地震研究所
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, 3. Science and Technology Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

活断層の性状・活動性を明らかにするためには，これらの地表形状のみならず地下構造を明らかにすることも重要である．そのための地球物理学的手法の一つに地磁気地電流法（Magnetotelluric method；MT法）がある．これは，活断層直下および近傍で見いだされる特徴的な比抵抗構造に注目し，それらから断層の地下構造を求める手法であり，これまでにも，多くの断層系に対して広帯域MT法（Wideband MT method；WBMT法）を用いた調査が行われてきた（例えば，Yoshimura et al., 2009）．しかし，この手法では，信号として用いる電磁場変動の周波数帯は広いものの，比較的低い周波数帯域の信号を用いているので深部までの探査が可能であるものの，浅部の空間分解能が悪いとの弱点がある．

活断層を対象として，地形学・地質学的手法を用いた研究が精力的に行われてきており，数多くの成果が挙げられている．これらの成果と地下比抵抗構造の成果を有機的につなげるためには，地下浅部（地表～深さ数km程度）の構造が重要であり，このような深度に対して，地形学・地質学的手法による成果との対比可能な空間分解能を持つMT手法としてAudio-frequency MT法（AMT法）がある．

本研究では，活断層の地下浅部から深部までの連続的な構造（特に浅部では高解像度の構造）の解明を目的とし，京都府の丹後半島に位置する郷村断層帯においてAMT法調査とWBMT法調査の両方を同一測線上で行い，地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明を行った．

郷村断層帯は京都府の丹後半島に位置する活断層帯で，陸上部は郷西方断層，郷村断層，仲禅寺断層の3つの断層で構成される．郷西方断層は断層長が2.8kmと非常に短く，横ずれ変位を示す地形も不明瞭である．郷村断層では1927年の北丹後地震の際に左横ずれを主とする顕著な地表地震断層が生じた．一方，仲禅寺断層では明瞭な河谷の左横ずれ屈曲が認められるものの，北丹後地震の際には活動しなかった．このように郷村断層帯では断層長，平均変位速度，最新活動時期など断層運動の特性が異なる断層が数km以内に近接し，並行して存在している．さらに郷村断層帯周辺は，ほとんどが花崗岩の岩盤からなり地質構造は一様で単純であるため，断層の地下構造と断層の特性を比較するのに好適である．

観　測

郷村断層帯周辺では2013年，2016年にAMT法調査が行われている（山口ほか，2016；三村ほか，2017）．本研究ではこれら調査測線と同じ測線上において．WBMT法調査ではおよそ等間隔になるように7点の観測点を，AMT法調査では過去の観測点を補間するように2点の観測点を配置した．AMT法調査の観測点数は先行研究と合わせ合計27点である．

解　析

AMT法，WBMT法調査のデータ解析は，ともにRemote reference法（Gamble et al., 1978）に基づいてMT応答関数を算出した．両調査において周波数選択を行ったのち次元の判定を行い，AMT法調査では2次元の，WBMT法調査では3次元のモデル計算を行った．AMT法，WBMT法調査のモデル計算にはそれぞれOgawa and Uchida (1996)，WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005) のインバージョンコードを使用した．

AMT法，WBMT法調査の解析の結果得られたモデルをそれぞれ浅部モデル，深部モデルと呼ぶ．な

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

お，WBMT法調査の解析では3次元のモデル計算を行ったが，観測点は一本の直線上にしか配置していないため，測線に沿った鉛直断面についてのみ議論する．

結果と考察

郷村断層の直下には，浅部と深部の両方に低比抵抗領域が存在する．これらの領域は断層運動によって生じた空隙に流体が浸入したことによって生じた領域であると考えられる．それぞれの領域は中深度（深さ2～5km程度）では連続していないことから浅部の低比抵抗領域は地表付近の地下水が浸入したことによって，また，深部の低比抵抗領域は深部から流体が上昇してきたことによって生じたと解釈した．

郷村断層の断層面は郷村断層の地表位置，浅部の低比抵抗領域，深部の低比抵抗領域および1927年の北丹後地震の震源位置を通ると判断して断層面を推定した．この断層面は震源が集中している領域を通っており，震源分布とも整合的である．

キーワード：郷村断層、電気伝導度、活断層、地磁気地電流法
Keywords: Gomura fault, Electrical conductivity, active fault, Magnetotellurics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈
Re-analysis and re-interpretation of the very shallow land seismic reflection survey data across the Naruto-South fault, north side of Tokushima Plain.

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1]
*Kobayashi Takayuki[1], Dai Nobuoka[2], Tomio Inazaki[1]

1. 土木研究所、2. 応用地質株式会社
1. Public Works Research Institute Japan, 2. OYO Corporation

活断層評価を精度よく実施することは、地震災害の長期予測や被害予測を行う上で非常に重要である。活断層評価を精度よく実施するためには、活断層の位置や状態、活動歴をより正確に把握することは重要であり、様々な調査が複合的に行われる。一般的に活断層調査では、ボーリング調査やトレンチ調査等も行われるが、これらの調査結果は一次元的であったり、または調査範囲が極浅層部に限られたりと活断層評価を広く精度よく実施するには十分とは言い難い。一方、浅層反射法地震探査は、地下の状態を非破壊で連続的に捉えることができるため、有用な手法な一つとなっている。筆者らは、徳島県に分布する鳴門南断層を対象とし1998年に取得されたＳ波浅層反射法データについて再解析および再解釈を行った。なお、再解析に使用したデータは、測線長100ｍ、受振点間隔0.5m、起振点間隔1.0mであり、振動源にはＳ波ポータブルバイブレーターを用いた。本発表では、これらの再解析および再解釈によって得られた、鳴門南断層の活動歴を紹介する。再解析では、当時得られたデータを使用し、現在のコンピュータ技術を使うことにより、深度50ｍまでの従来に比べてより詳細な地下構造を得ることができた。また従来の解析結果に比べ断層位置をより鮮明に捉えることができ、断層位置を詳しく特定することができた。断層の上端はおよそ15ｍであり、測定深度下部までおよそ70度のみかけ傾斜で分布する構造が得られた。また、断層周辺の撓曲などといった地質構造なども捉えられ、より詳細な地質構造を得ることができた。その後に実施されたボーリング試料分析などの結果を用いて再解釈を行い、活断層の活動履歴を明らかにすることができた。再解釈結果より、鳴門南断層は、現在までに大きな変動を３回起こしていると推定できる。また、最大変位量は、およそ14.4ｍで、変位速度は年間当たり1.77mmと推定される。本研究は「平成9年度文部科学省研究費補助金（基盤研究（１）（Ａ））〔内陸活断層の地震危険度評価〕（課題番号：07308035）」の一部を使用した。

キーワード：活断層、反射法地震探査
Keywords: Active fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

Bathymetric mapping and seafloor imaging for finding historical records of Nankai earthquakes at Nomi bay in Susaki city, Kochi Prefecture, Japan

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5]
*Wataru Tanikawa[1], Masafumi MURAYAMA[2], Hidekazu Tokuyama[3], Kouki Tanaka[4], Akira Ijiri[1], Tatsuhiko Hoshino[1], Takehiro Hirose[1], Kazuya Kitada[5], Toshiya Fujiwara[5]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 高知大学　農林海洋科学部、3. 高知大学　海洋コア総合研究センター、4. 高知大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research, 2. Kochi Univerisity, Faculty of Agriculture and Marine Science, 3. Kochi Univerisity, Center for Advanced Marine Core Research , 4. Kochi Univerisity, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

高知県須崎市野見湾沿岸地域では、「黒田郡」もしくは「野見千軒」「大谷千軒」と呼ばれる白鳳地震（684年）によって沈んだ集落の伝承が残されている。また、野見湾海底において井戸の目撃情報が時々報告されている。しかし、井戸や沈んだ集落の痕跡となる正確な記録や科学的な調査がほとんど実施されていない。そこで本研究では、井戸の目撃情報がある須崎市戸島北東部と大谷地区南部の海底を対象に人工物の痕跡調査を実施した。

本調査は高知大学の実習調査船「ネプチューン」により、サイドスキャンソナーを用いた海底地形調査と海底表層イメージ調査、サブボトム・プロファイラを用いた海底下構造調査、および360°水中カメラを用いた海底観察を実施した。

海底地形調査の結果、戸島北東部に戸島の陸上地形を延長する形で200m×300mほどの平坦な台地地形が認められた。さらに海底台地は水深10m付近で広がっており、辺縁部から急激に水深が深くなることがわかった。重力式コアラーにより採取した海底表層試料と水中カメラ画像の観察結果から、台地は固い砂質堆積物と円礫が散在していた。一方、台地から外れた水深が深い地点では軟泥が厚く堆積していることがわかった。サブボトム・プロファイラ調査では海底下に埋没している人工物は認められなかった。サイドスキャンのモザイク図で認められた特異な画像パターンについて、潜水調査により海底表層環境を目視確認した。その結果、一部の特異な画像バターンは人工物（たこつぼ・ビニルシート）であることが確認できた。しかし、モザイク図、水中カメラ映像、サブボトム画像のいずれのデータにおいても井戸は確認できなかった。
海底の台地地形は旧海食台の可能性を示唆しており、下村（1980）は白鳳地震時の沈降によるものだと結論づけている。一方、井戸の目撃情報がある地点付近では、円礫が円環状に並べられた構造が確認できた。そのため、井戸と伝えられていたものはこの円礫群であった可能性がある。今後、海底台地表層の堆積物の年代分析などから、地震性沈降履歴を明らかにしていきたい。また、本発表では2019年3月に実施する浦ノ内湾の調査結果の速報も報告する。

キーワード：地震性沈降、黒田郡、海食台、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラー
Keywords: coseismic subsidence, Kuroda-gori, submarine plateaus, side scan sonnar , sub-bottom profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－
Tectonic geomorphological and paleoseismological study in the Anoriguchi Canyon: Foraminiferal analysis and ^{14}C dating

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3]
*Nobuhiko Sugito[1], Masao Iwai[2], Hitomi Wakaki-Uchimura[2], Hiroki Matsui[2], Yasuhiro Suzuki[3]

1. 法政大学人間環境学部、2. 高知大学海洋コア総合研究センター、3. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Faculty of Sustainability Studies, Hosei University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

南海トラフの海溝軸～陸棚斜面付近には海底活断層が多数分布している．これらの海底活断層の位置形状や活動履歴は，南海トラフにおける歴史地震の発生源の解明や地震発生予測において重要な意義を有すると考えられる．発表者らはこうした観点から，変動地形学的・古地震学的手法を用いて海底活断層の位置形状や活動履歴を解明するフィージビリティ調査を，2016年度より安乗口海底谷を対象として実施してきた（杉戸ほか，2018）．

今回，安乗口海底谷にて採取されたCORE 03（コア長1.2 m）から1 cm単位で採取した31試料（泥層）について，堆積物の移動評価のための底生有孔虫群集概査分析，放射性炭素年代測定に向けた浮遊性有孔虫分析を実施した．有孔虫は0.18–0.25 mm径の個体と0.25 mm径以上の個体に分けて抽出した．年代測定では浮遊性有孔虫を必要重量確保するため，0.18 mm径以上の個体，および近隣層準をまとめ，7点の試料を得た．なお，浮遊性有孔虫の主要種は，*Neogloboquadrina dutertrei*，*Globigerina bulloides*，*Globigerinoides ruber*（表層：水深0–100 m），*Globorotalia inflata*（亜表層：100–200 m）であり（不整合面より下位においては*G. bulloides*の割合が減少し*Neogloboquadrina incompta*（表層）が増加する傾向），海洋表層環境を示唆している．

年代測定の結果，CORE 03の深度0.81 mに認められる不整合面について，その形成時期が，不整合面より上位の地層の堆積速度（6点の年代値に基づく）との関係から，約10,030 cal BPと推定された．不整合面の下位からは32,140 ±140 yr BPの年代値が得られた．

不整合面より下位の層準に含まれる有孔虫は着色個体が多く，再堆積の可能性が考えられる．底生有孔虫群集概査分析では，不整合面の下位において浅海性の底生有孔虫（*Ammonia* sp.など）が少量ながら見出され，浅海性堆積物が移動して来やすい環境にあったと推定される．これらの観察事実および解釈は，上記の年代値から推定される海水準および堆積環境と調和的である．

海底谷中には，北側隆起・比高約10 mの断層変位地形が認められ，この不整合面の形成後に発達した可能性が指摘されている（杉戸ほか，2018）．その場合，この海底活断層は約1万年前以降，1回あるいは複数回の活動によって上下方向に約10 m変位したと見積もられる．海溝軸と比べて陸域に近く，発生した津波はわずかな時間で沿岸に到達したと推定される．なお，この海底活断層は地形学的にみて上下変位のみではなく右横ずれ変位を起こしており，実変位量の推定には，横ずれ量，また断層面の傾斜を解明する必要がある．

このように，詳細な海底地形データによって海底活断層の位置形状が詳しく把握され，かつ試料の取得・分析によって活動履歴が具体的に推定される．歴史地震の発生源の解明や地震発生予測に関し，変動地形学的・古地震学的手法を用いた調査の有効性が例証された．

＜謝辞＞
コア分析・保管は高知大学海洋コア総合研究センターにて行い（共同利用・共同研究採択課題16B070・17A030・17B030・18A027・18B025），松崎琢也氏をはじめスタッフ一同にお世話になった．放射性炭素年代測定は株式会社加速器分析研究所にご実施いただいた．後藤秀昭氏（広島大学）からは本予稿に関し有益なコメントを頂戴した．本研究はMEXT「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」およびJSPS科研費（15H02959）の支援を受けた．以上，記して感謝申し上げます．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＜文献＞
杉戸ほか，2018，日本地質学会第125年学術大会（つくば特別大会），R8-P-7.

キーワード：海底活断層、マルチビーム音響測深、ピストンコアリング、有孔虫群集、断層変位地形、南海トラフ
Keywords: Submarine active fault, Multi-beam echo sounding, Piston coring, Foraminiferal assemblage, Fault-related landform, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査
Subsurface survey around the Matoishi-bokujo 1 Fault in the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3]
*Takayuki Nakano[1], Hiroshi Une[1], Hiroshi, P. Sato[2], Keitaro Komura[3]

1. 国土交通省国土地理院、2. 日本大学、3. 電力中央研究所
1. GSI of Japan, 2. Nihon Univ., 3. CRIEPI

１．はじめに

平成28年（2016年）熊本地震（Mj 7.3）では，阿蘇外輪山北西部において多数の線状の地表変位が干渉SARにより検出され（Fujiwara et al., 2016），本震に伴って副次的に変位したと考えられる．その多くは既知の活断層に沿って現れ，そのうちの的石牧場Ｉ断層においてそのメカニズム解明に向けた詳細な地形・地質調査を実施している（宇根ほか，2018；Nakano et al., 2018など）．本発表では，的石牧場Ｉ断層周辺の地形発達史を明らかにするために実施した地形・地質調査及びGPR（Ground Penetrating Radar）による浅部地下構造探査結果を報告する．

２．結果と考察

的石牧場Ｉ断層の断層崖脚部で実施したトレンチ調査により，深いところではGL-3.5m（標高約917.4m），浅いところではGL-0.3m（標高約921.6m）付近でAso-4火砕流堆積物（89ka）とみられる白色の火山砕屑物が確認されている（宇根ほか，2018）．また，周辺の地形・地質調査により，断層北側の渓床（標高約917.8m）や断層南側の丘陵地内のガリ床（標高約935.0m）でもAso-4火砕流堆積物とみられる白色火山砕屑物が確認できた．さらにサイト東方においては，この地域の代表的な堆積構造を示すと考えられる露頭を確認し，Aso-4火砕流堆積物の上位には複数枚のテフラ層を挟む黒ボク及びローム層が厚さ5m程度堆積していた．的石牧場Ｉ断層を横断する測線で実施したGPR探査（Sensors & Software社製Noggin Plus，アンテナ中心周波数250MHz）では，断層の南側（正断層の上盤側）のGL-2～-4m（標高約915～917m）付近に明瞭なエコーがみられたが，これはこれまでのトレンチ調査や断層南側の水路での地質調査から，地表下の黒ボク層の下位に存在するローム層の上面またはそれを覆う河床礫層を捉えたものと考えられる．断層の北側（正断層の下盤側）ではGL-1～-1.5m（標高約930.5～931m）以深でレーダ波のエコーが急激に減衰しており，上位層よりも比誘電率が大きい地層の存在が示唆されるとともに，GL-4～-5m（標高約927～928m）付近に弱いエコーがみられ，その連続性からAso-4火砕流堆積物の上面を捉えた可能性がある．これらの結果を考慮すると，Aso-4火砕流堆積物上面の形状は概ね現地形に類似しているが，断層南側ではGL-5m以深に，断層北側ではGL-4～-5m付近に存在し，断層を挟むその比高差は約13m以上と推定され，これが約9万年間の的石牧場Ｉ断層の見かけ鉛直変位量と考えられる．

３．まとめと課題

熊本地震に伴い副次的に変位した的石牧場Ｉ断層周辺において，地形・地質調査及び浅部地下構造調査を実施した結果，地下浅部構造の推定とAso-4火砕流堆積面の見かけ変位量を推定できた．今後はパーカッションボーリングの結果も参照し，GPR探査結果をより詳細に分析・解釈する予定である．

謝辞：本研究で使用したGPR探査装置は，名古屋大学の鈴木康弘教授よりお借りしました．本研究の一部は，JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の助成を受けたものです．ここに記して感謝申し上げます．

引用文献：

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fujiwara et al. (2016): Small displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry. Earth, Planets and Space, 68:160.

Nakano et al. (2018): Geomorphological and geological characteristics of triggered surface faults associated with 2016 Kumamoto Earthquake sequence around the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan, AGU Fall Meeting 2018.

宇根ほか（2018）：阿蘇外輪山北西部・的石牧場Ｉ断層の活動履歴．日本活断層学会2018年度秋季学術大会．

キーワード：的石牧場Ｉ断層、GPR探査、地形・地質調査、トレンチ調査、2016年熊本地震
Keywords: Matoishi-bokujo 1 Fault, GPR survey, topographical and geological investigation, trenching survey, the 2016 Kumamoto Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

Past activity of 'triggered fault' in the northwest of outer rim of Aso caldera estimated from the results of excurvation survey and displacement topography

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4]
*Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi, P. Sato[2], Hiroshi YAGI[3], Keitaro Komura[4]

1. 国土地理院、2. 日本大学、3. 山形大学、4. 電力中央研究所
1. Geospatial Information Authority of Japan, 2. Nihon University, 3. Yamagata University, 4. Central Research Institute of Electric Power Industry

阿蘇外輪山北西部の平成28年熊本地震に伴う「お付き合い断層」のうち，既存の変位地形が明瞭で，SARで明瞭な位相不連続が現れ，現地でも地表変位が確認された的石牧場Ｉ断層（鈴木ほか2017）について，ピット調査，地中レーダ(GPR)探査，簡易ボーリング調査などの地形地質的調査を実施し，活動履歴について考察した。ピット調査では，断層崖基部を最大深さ4m程度掘削し，壁面の観察を行った。壁面基部には白色のAso-4火砕流堆積物が現れ，その直上をピット谷側においては中砂や円礫の小礫からなる河成堆積物や亜角礫からなる土石流性の堆積物が覆い、ピット山側においては角礫を伴う茶褐色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。それらの上位を角礫を伴い，あるいは角礫に乏しい黒色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。これらの地層の変位や礫の回転などを伴う少なくとも２条の断層が現れた。この周辺にはAso-4火砕流の堆積面とされる小起伏の地形が拡がっており，地表下数mの比較的浅い位置にAso-4火砕流堆積物が観察されることから，壁面基部のAso-4上面は火砕流到来時（約9万年前）の堆積面の不整合面を示していると考えられる。ピット調査や簡易ボーリング調査から，白色層上面は南から北に断層崖に向かって緩やかに高度を下げ，断層崖で約10m高度を上げていると推定され，地形及びSARによる上下変位パターンと整合的である。壁面から採取された土壌（黒ボク）の^{14}C年代測定結果をもとにイベントを考えると，約3,500～約3,400年前に山側からの斜面性堆積物が谷側の河成堆積物を被覆するような断層運動が１回あり，次に，約3,500～約2,000年前あるいはこれよりも新しい時代に２条の断層を生じさせるような断層運動がもう１回あって，上位の斜面性堆積物よりも下位の斜面性堆積物のほうが経験したイベントの数が多い（変位量が２倍程度多い）ことを示唆している。このことは，今回のような変位の累積が的石牧場Ｉ断層の断層崖を形成したことを示唆している。

謝辞：本研究は JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の一部を使用しました。だいち2号（ALOS-2）データの所有権は宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。現地調査及び資料の解析に当たって，千葉大学大学院理学研究科金田研究室及び日本大学理工学研究科地理学専攻の学生諸氏に多大なる協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：熊本地震、干渉SAR、地震断層、お付き合い断層、累積性
Keywords: Kumamoto Earthquake, SAR Interferometry, surface rupture, triggered fault, cumulativeness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

Visualization of three-dimensional SAR analysis data by stereo isogram map: Precise detection of surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*粟田 泰夫[1]
*Yasuo Awata[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

測地技術の進歩は，地殻変動を数cmから数mまでの広いダイナミックレンジで面的に捉えることを可能にしている．とりわけ，衛星搭載の合成開口レーダ（SAR）による観測は，干渉解析（InSAR）および3次元解析による地震断層の高精細な検出を可能にし，従来の地表踏査による地震断層等の調査手法に大きな変革をもたらしつつある．ここでは，小林（2017）による2016年熊本地震に伴う地殻変動の3次元SAR解析データを用いて，広域の変動を精細かつ効率的に目視抽出するための可視化を試みた．

3次元SARデータの高解像度・高ダイナミックレンジ画像への可視化には，粟田（2017）によるステレオ等高線地形解析図による高解像度DEMの可視化手法を適用した．使用したデータは，東西・南北の水平2成分と上下成分の合計３成分に分割されたものであり、各成分のデータは位置情報と一つの変動値のみから構成される．それらの変動値をDEMの可視化における標高値と置き換えて，解析精度の限界まで表現する稠密な等値線図を作成した．精度が高い東西および上下成分の画像においては，データがもつ変動の解像度と同じ1cmまでの精細な間隔の等値線を実用的に描くことができた．また，複雑でダイナミックレンジの大きな地表変動の判読を容易にするために，微細なレンジを強調した段彩を施すとともに，画像を立体視が可能なアナグリフに加工した．なお，解像度が低い南北成分については，等高線間隔10-20cmの画像が実用限界であった．

等値線間隔1cmの画像による判読では，変位量が大きな主断層帯（布田川・出ノ口および高木地震断層）およびそれらに伴う広域変動とともに，その周辺の約50km四方に分布する多くの小規模な地震断層を検出することができた．このうち，小規模な地震断層の検出結果は，空間解像度が1桁高いとされるInSAR画像に基づいたFijiwara et al.（2016）の判読結果と概ね整合的であった．また，等値線図の判読および断面図での計測によれば，東西および南北成分の変位量が5cm程度までの断層については容易に抽出が可能であった．さらに，広域変動が小さかった熊本市街地においては変位量2cmまでのごく小規模な断層を目視判読することもできた．判読結果に基づいて実施した現地調査では，変位量5cm程度の断層については，ガードレールや縁石などの道路構造物や，家屋の基礎，コンクリート構造物などの変形や破断として断層の確認と変位量の計測が可能であった．

文献：
粟田泰夫（2017）活断層・古地震研究報告, 17, 117-136.
小林知勝（2017）2016年熊本地震被害調査報告書，地震被害調査シリーズ, 1, 28-34.
Fujiwara, S. et al.（2016）Earth, Planets and Space, 68:160.

キーワード：三次元SAR、ステレオ等値線図、2016年熊本地震、地震断層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 3D-SAR, stereo isogram map, 2016 Kumamoto earthquake sequence, surface rupture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作
Preliminary active fault mapping of Mongolia by interpretation of ALOS 30 DEM image

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3]
*Takashi Nakata[1], Yasuhiro Suzuki[2], Mitsuhisa Watanabe[3]

1. 広島大学、2. 名古屋大学、3. 東洋大学
1. Hiroshima University, 2. Nagoya University, 3. Toyo University

発表者らは，「アジアのデジタル活断層マップ」作成のための調査・研究プロジェクトを立ち上げた．アジア全域の広範な地域の活断層を５年間で効率的に判読するために，ALOS 30 DSMから作成したアナグリフ画像をGoogle Earthに取り込んで判読した．さらに，判読した活断層線や関連情報をGoogle Earthの描画機能（線（パス）やポイント（目印））活用して直接マッピングを行った．また，アナグリフ画像の透過度を変えてGoogle Earthの画像をもとに修正作業を行い，活断層のより詳細な位置・形状情報を整備する手法を採用した（中田他,2019）．まず，このマッピング手法の有効性や問題点を検討する草地や乾燥した無植生地域が広いモンゴルを事例に広域活断層図を試作している．

ALOS 30 DSMは，JAXAが2006-2011年にかけて「だいち」で取得したデータをもとに作成された水平解像度30m相当のDEMデータセットで，１度×1度単位を１タイルとして提供されている．本研究では地形表現に適した中央値データを，Mac用のフリーソフト(Simple DEM Viewer)を用いて５度×５度の範囲のアナグリフ画像を作成した．その際，低断層崖などの細かな変位地形を認識しやすくするために地形をグレイスケールの傾斜角で表現した．また，メッシュ解像度以上に拡大して観察するために，画像サイズは200%のサイズの画像を作成した．画像はワールドファイルとともに保存し，GIS等でも閲覧できるようにした．

ALOS 30 DEM画像を用いて詳細かつ効率的に広域の活断層判読を行うために，Map Tiler Pro (Klokan Technologies)を使ってアナグリフ画像をkmlファイルに変換してGoogle Earthに重ねて地形を観察する手法（後藤，2015）によって活断層判読を行うことにした．この手法では，ALOS 30アナグリフ画像で判読した活断層を，透過度調整機能を使ってGoogle Earthの拡大した画像上で参照し，それらの位置や形状を詳細に把握することが可能となる．さらに，Google Earthの描画機能を用いて活断層線を詳細な画像に直接記入し，それらの属性情報を「説明」として記録した（中田ほか，2019).

モンゴルは西部を中心に長大な活断層が数多く存在し，20世紀に入っても巨大地震の発生している Baljinnyam et al (1993)．1905年のTsetserleg地震（Ms 8.2) では，左横ずれ2.5m 上下変位2mに達する長さ130kmの地震断層が出現した． また1905年のBulnay地震(Ms 8.3) では，内陸地震としては最大とされる長さ375kmの地震断層が出現し，左横ずれ5-10mの大きな断層変位が詳しく調査・記録された(Rizza et al., 2015など）．1957年Gobi-Altai地震(Ms 8.3)ではGurvan Bogd断層系の一部が活動し，左横ずれ7mを伴う長さ250kmの地震断層が現れた．さらに，1967年には中部においてMogod地震（Mw 7.0) が発生し，南北性の長さ45kmの右横ずれ断層が出現した．これらの地震断層については現地調査が行われており，これに関連する活断層の詳細な分布が明らかにされている．これら以外の西部のごく一部の活断層については，SPOT 5画像を用いたNissen(2008)などの詳しい報告がある．また，首都のウランバートル周辺の活断層についてSchlupp et al. (2010)などの一連の報告がある．しかしながら，長大な活断層の存在が推定されているGobi-Altai 山脈やHangay山地周辺の活断層をはじめモンゴル全域の活断層分布の詳細は十分に解明されているとは言えない．

上述の報告者らの手法は，Bulnay断層などの顕著な地震断層において断層変位地形を詳細に認定することができることを確認した．また，これまで西部においてSRTMやGoogle Earthなどの2D画像を用いて明瞭な地形境界や地質断層に沿って認定されていた長大な活断層の存否を再確認するとともに，扇状地などを変位させた断層変位地形をもとに新たに活断層を認定した．また，それ以外の中部や東部においても新たに活断層を認定し，その詳細な位置・形状をもとに活断層図を試作した．今後，これらの活断層については，空中写真やCORONA衛星画像の判読や現地調査を行い，モンゴル全域の活断層図の完成を目指したい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：モンゴル、活断層、ALOS 30
Keywords: Mongolia, active fault, ALOS 30

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出
Ground penetrating radar profiling across the Sanchiao fault in northeast Taiwan

*中村 衛[1]、陳 浩維[2]
*Mamoru Nakamura[1], How-wei Chen[2]

1. 琉球大学理学部、2. 国立中央大学
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. National Central University, Taiwan

1867年12月18日、台湾北東部で基隆地震が発生した。台湾北東部の金山市街地近傍では震度7相当（台湾中央気象局の震度階級）の揺れに見舞われた。また台湾北東海岸には遡上高6mの津波が襲来した。文献記録に残された当時の被害状況から震度分布および津波遡上高分布が推定されている。それらによると、この地震津波は台湾北東部から海域に北東方向に伸びる山脚断層の海域延長部で発生した可能性が指摘されている（Cheng et al., 2016 TAO）。山脚断層は台北市南部から金山を通る長さ約53kmの正断層である（Shyu et al., 2015 TAO）。地形調査、ボーリング探査および反射法探査の結果から、山脚断層は金山市街地の北側を山麓に沿って通っていると推定されている。しかし、山脚断層の陸域部分が1867年のときに活動したかどうかはわかっていない。そこで地中レーダ（Ground Penetrating Radar: GPR）を用いた地下構造探査を実施し、断層位置の検出を試みた。

調査は金山市街地の北側に位置する海岸砂丘で実施した。砂丘は海岸に沿って北西ー南東方向に伸びている。山脚断層はこの砂丘を直交するように切って通っている。GPR測線は、砂丘の走向と平行方向に、かつ断層の推定位置を通る長い測線と、それと直交方向の砂丘を切る短い測線の２種類を配置した。調査は2017年8月15日から17日および2018年8月16日から20日に実施した。測線は砂丘に平行な方向に3測線、および砂丘に直交する方向に２測線設定した。使用した機器はSensors & Software Inc.のpulseEKKOである。探査に使用した電磁波の周波数は50 MHZ, 100MHzおよび250MHzの３種類である。周波数50MHzと100MHzのとき、砂丘に平行な測線では深さ約6mまでイメージングされている。

金山北部の海岸に平行な測線の深さ約1mで、顕著な反射層が見られた。この反射層は、ボーリング調査で推定された山脚断層の位置に近いところで北西側が1～3m低くなっていた。しかしこの変位は山脚断層の変位（南東側に傾斜した正断層）とは逆である。このことから、山脚断層から分岐した断層（反射法探査に現れている）による変形を捉えた可能性があると考えた。

キーワード：活断層、1867年基隆地震、地中レーダ
Keywords: active fault, 1867 Keelung earthquake, Ground Penetrating Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1], J Bruce H Shyu[1], Yuan-Lu Tsai[1], Chuan-Chou Shen[1]

1. National Taiwan University

In the southernmost part of Taiwan, the Western Hengchun Tableland is a prominent topographic feature, with several steps of late Pleistocene uplifted marine terraces forming the top of the tableland, and uplifted Holocene coral reefs along the coast. To interpret the formation of this tableland, an inferred Hengchun offshore structure has been proposed as an active structure located offshore to the tableland’ s west. The uplift and the eastward tilting of the tableland are therefore produced by neotectonic activities of this structure. However, the presence of this structure is still debated, and no record of paleo-earthquakes related to this structure has been identified. To solve this, we utilized fossil coral microatolls as paleo-sea-level indicators to identify possible paleo-earthquake records produced by this structure. The highest level of survival (HLS) of corals is limited by the low tide level. Once living corals grow to this level, the upward growth will stop and they will grow outward instead, forming microatoll morphology with a flat top surface. This makes microatolls great tools to record local sea level history. If microatolls were uplifted and killed by co-seismic uplift, the elevation difference between microatolls and the HLS would represent the amount of uplift, and the age of the coral would constrain the age of the earthquake event. In this study, we surveyed six sites along the coast surrounding the Western Hengchun Tableland. Based on our field survey data and U-Th dating results of uplifted corals, we reconstructed a coastal uplift history of the area, and proposed several paleo-earthquake events in the past 2,500 years. These results enabled us to further understand the seismogenic properties and the possible earthquake recurrence intervals of the Hengchun offshore structure.

Keywords: coral microatolls, Hengchun offshore structure, Paleo-earthquake event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析
LC-InSAR analysis of the Sulawesi earthquake in Indonesia

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1]
*Jun Sugimoto[1], Masashi Omata[1], Yoshiteru Akiyama[1], Yutaka Horaku[1]

1. 株式会社 パスコ
1. PASCO CORPORATION

ALOS-2を用いた干渉解析によって、広域の地殻変動を捉えるのみならず、局所的な地表変状を捉えられることが明らかとなってきた（Fujiwara,2016、小俣ほか，2017）。本発表では、LC-InSARによる解析（三五ほか，2016、小俣ほか，2016）を用いて、2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震による地殻変動を検討した。地震の規模はMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）である。Sulawesi島のPalu市街地の西側、山地と低地の境界にはPalu-Koro断層が分布することが知られていた。Palu-Koro断層はGPSによる5年間の観測で3.4cm/yrの左横ずれを示す（Walpersdorf and Vigny, 1998）ほど活発な活断層であり、今回の地震はこのPalu-Koro断層に沿って発生した。この地震による地殻変動は、地震直後に国土地理院（2018）によって広域観測モード（分解能60m）による干渉SAR解析が実施され、Palu-Koro断層と一致するように南北に走行を持つ断層が確認された。Paluより南側で5m程度の変位が生じていること、左横ずれしているのと調和的な変動がみられることが報告されている。

本発表で行った干渉SAR解析では、高分解能モード（分解能10m）で観測された2018年3月1日と、2018年10月25日の南行軌道のデータを使用し、Palu周辺のより詳細な変動の抽出を試みた。

LC-InSAR図によれば、Palu-Koro断層に沿って、低コヒーレンスが連続するとともに位相の不連続が生じている‘位相不連続ライン’が確認できる。このような‘位相不連続ライン’は地表変状が生じている箇所であることがこれまでのLC-InSAR解析で示されている（小俣ほか,2017）ことから、Palu-Koro断層沿いの‘位相不連続ライン’も地表地震断層を含む地表変状が生じていると推定される。‘位相不連続ライン’はPalu-Koro断層沿いで大きな位相差を生じている箇所のほかに、平行する南北方向の微小な位相の不連続も確認できる。また、主断層から離れた東側の平野部には北西－南東方向の‘位相不連続ライン’が確認される。これらは派生断層もしくは副断層による地表変状を生じていることを示している可能性がある。

今回の地震では、平野部で液状化から大規模な側方流動が生じたとされている（森,2018）。このような側方流動が生じた地域はコヒーレンス値が低くなることから、LC-InSAR図では赤色で表現される。LC-InSAR図と光学衛星写真とを比較してみると、光学衛星で認められる側方流動を生じた範囲より広い範囲においてコヒーレンス値が低く、赤色で表現されていることが判る。コヒーレンス値が低くなるのは地表面の変動だけではないため注意が必要であるが、明らかな側方流動を生じている範囲よりも広い範囲で地表面に何らかの変化を生じていることを示唆している可能性がある。これは、液状化が発生している範囲は、側方流動を生じている範囲よりも広範囲に及ぶ可能性を示唆するものである。

以上、インドネシアのSulawesi島で発生した地震による変動をALOS-2によるLC-I n SAR図で検討してみたところ、地表地震断層を含む地表変状、および液状化が生じている可能性がある範囲を抽出することが出来た。ALOS-2のデータを利用することで、国内の災害と同様に海外の災害でも広域に被害が発生した災害の発生箇所およびその範囲を特定できることが再確認された。

国土地理院（2018）2018年インドネシア・スラウェシ島の地震に伴う地殻変動，http://www.gsi.go.jp/cais/topic181005-index.html

小俣 雅志・郡谷 順英・三五 大輔（2016）干渉ＳＡＲを使用した新たな地表地震断層検出方法，日本活断層学会2016年秋季学術大会講演予稿集

小俣 雅志・三五 大輔・郡谷 順英・谷口 薫（2107）平成28年（2016年）熊本地震において新たな干渉SAR解析によって見出された地表変状，JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-11

三五大輔 ・小俣雅志・郡谷順英（2016）干渉SAR解析と地形表現図とを組み合わせた新たな地表断層抽出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

手法の研究，日本リモートセンシング学会（平成26年度秋季）学術講演論文集
森 伸一郎（2018）Googleクライシスマップによって提供された衛星画像の解析に基づいた2018年9月28日のスラウェシ地震におけるPalu（パル）市内外の地すべり領域と領域内の被災建物・住家の特定,http://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Landslides%20Palu%20City-mori.pdf
USGS(2018) Earthquake Hazards Program M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive#executive
A. Walpersdorf and C . Vigny(1998)Monitoring of the Palu-Koro Fault (Sulawesi) by GPS, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 25, NO.13, 2313-2316

キーワード：干渉SAR解析、LC-InSAR図、2018年スラウェシ島地震、Palu-Koro断層
Keywords: InSAR, LC-InSAR diagram, 2018 Sulawesi earthquake, Palu-Koro fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9]
*Yoshiyuki Kaneda[1,2,3], Haluk Ozener[4], Nurcan Meral Ozel[4,5], Dogan Kalafat[4], Seckin Ozgur Citak, Narumi Takashi[2,3], Takane Hori[2], Muneo Hori[2,6], Mayumi Sakamoto[10,7], Ali Pinar[4], Asim Oguz Ozel[11], Ahmet Cevdet Yalciner[8], Gulum Tanircan[4], Ahmet Demirtas[9]

1. 香川大学　地域強靱化研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. 防災科学技術研究所、4. トルコ　ボアジチ大学　、5. 包括的核実験禁止条約機構、6. 東京大学地震研究所、7. 名古屋大学、8. トルコ　中東工科大学、9. 首相府災害緊急事態管理局、10. 兵庫県立大学、11. トルコ　イスタンブール大学
1. Kagawa University, 2. JAMSTEC, 3. NIED, 4. Bogazici University, 5. CTBTO, 6. ERI, 7. Nagoya University, 8. Middle East Technical University, 9. AFAD, 10. University of Hyogo, 11. Istanbul University

Recent, many destructive earthquakes and tsunamis occurred around the plate boundary in the world, which are, 2004 Sumatra Earthquake/Tsunami, 2011 East Japan Earthquake/Tsunami in Japan, and so on. Along plate boundary in Turkey, the North Anatolian Fault (NAF) distributes and the large earthquakes has occurred there. The one of the events along NAF in Turkey is the 1999 Izmit Earthquake, and severe damages was brought to residents The NAF between the eastern end of Turkey and the Aegean Sea has been ruptured in turn from the both ends, and the part off Istanbul city still remains as unruptured zone. It is considered that future large event brings fatal damages not only Istanbul city but also the entire of Turkish economy.

To prepare future large earthquake there, Japan and Turkey made an agreement to start a multidisciplinary research project, MarDiM SATREPS in 2003. The Project has four research groups with the following goals. Group 1 is Marmara Earthquake Source region observational research group to clarify seismicity, crustal structures and crustal displacement, and to construct a possible fault model. Group 2 focuses on scenario researches of earthquake occurrence along NAF and precise tsunami simulation in the Marmara region. Group 3 aims improvements and constructions of seismic characterizations and damage predictions based on observation researches and precise simulations. Group 4 promotes disaster educations using research result visuals and construct strategies of disaster mitigation.

Group 1 constructed a fault model along NAF with some asperities and with variation on the dip. The segment boundary was also identified through the modeling and it is consistent with the past rupture pattern and fluid distribution. The NAF on the western region of Sea of Marmara has creep and the rate is nearly half of block motion based on direct seafloor observation for crustal displacement. Group 2 calculated cyclic rupture pattern along NAF using heterogeneous fault model and constructed monitoring system “SWIFT” for crustal stress field by mechanisms of many events estimated automatically. We developed tsunami calculation code to image inundation around the coastal area. Group 3 investigated ground structure through regular fine shake observation, and constructed city model of industrial region supporting Turkish economy. We simulated strong motion using ground structure, city model and fault model derived from Group 1 and made a new hazard map. Group 4 considered teaching materials for disaster prevention including Japanese animation technique based on above results of three groups.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

These materials are utilized for disaster mitigation in Marmara region and disaster education in Turkey.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、リスク評価、防災教育
Keywords: North Anatolian Fault, Sae of Marmara , Risk evaluation, Disaster education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定
Estimation of fault activity by multivariate analysis using chemical composition of fault gouge

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2]
*Ryo Tateishi[1], Koji Shimada[2], Tadamasa Ueki[2], Mayuko Shimizu[2], Tetsuya Komatsu[2], Shigeru Sueoka[2], Masakazu Niwa[2], Ken-ichi Yasue[1], Tsuneari Ishimaru[2]

1. 富山大学、2. 日本原子力研究開発機構
1. University of Toyama, 2. Japan Atomic Energy Agency

はじめに：活断層は，現在の地形及び第四紀の被覆層の変位・変形により認定される．しかし，第四紀の被覆層が存在しない場合，そこにある断層が活断層であるかそうでないかの決定は非常に困難となる．活断層の認定に係る断層の活動性評価は，原子力施設などの重要建造物の安全評価，ひいては地層処分などにおけるサイト選定にとっても非常に重要である．本研究では，国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを変量とした多変量解析を行い，断層活動の有無の判別を試みた．

手法：本研究は，文献収集→断層ガウジの化学組成データの抽出→新たな化学分析データの追加→入力データの整理→変数選択→線形判別分析という流れで活断層と非活断層の違いを判別できるかどうかを確認した．まず，既存の文献から国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを抽出した．この際，分析対象が活断層か非活断層か文献に明記されていること，付加体，花崗岩質岩など多様な基盤岩を持つことを抽出条件とした．また，原子力機構保有の断層ガウジ試料の化学分析を行い，両者を統合したデータベースを作成した．このデータベースには，各試料の試料名と分析値のほか，活断層か非活断層かという２つの分類を与えた．次に，このデータベースから説明変数の候補となる元素を決め，入力データとして整理した．文献から抽出した化学組成データは，全て同じ元素が分析されている訳ではないため，試料数をできるだけ多く取れるように共通の元素を選んだ．そして，それらの元素から，活断層と非活断層の判別に適した元素を更に抽出するため，赤池情報量基準（AIC：Akaike,1973）と主成分分析の2つの方法で変数選択を行った．最後に，AICで選択された元素，主成分分析で因子負荷量が高いとされた元素の組合せを説明変数として線形判別分析を行った．ここで，AICは，複数の統計的モデルの良さを比較評価するための規準であり，活断層と非活断層の2群を分けるのに最適な元素の組合せを示す．一方，主成分分析は，多種のデータの持つ情報をできるだけ損なわずに低次元化する手法であり，多次元空間における個々のデータの散らばり具合を説明する合成式が次元の数だけ得られる．この合成式は，データの散らばり具合を説明できる割合（寄与率）の順に第1主成分，第2主成分，第3主成分…と呼ばれる．また，得られた合成式における各元素の重み（因子負荷量）も数値化される．線形判別分析は，2群が正規分布すること，等分散性を持つことを前提として，多次元における2群の中心点を基準として，2群が最も良く分かれる直線（一次式）を求める手法である。

結果：文献収集の結果，既存の論文7編と原子力機構の報告書5編から断層ガウジの化学組成データを抽出した．これに原子力機構保有の断層ガウジ6試料の化学分析結果を加えたデータベースから，変数の候補となる元素をSiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3*, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Rb, Sr, Y, Nb, Ba, Pb, Thの17元素に絞った．データの数は活断層41試料，非活断層16試料の合計57試料となった．これら17元素から，AICでは13元素が最適な元素の組合せとして抽出された．主成分分析では，第1主成分から第17主成分までの合成式が得られ，各合成式で因子負荷量の高い元素が算出された．これらの結果から，①AICの13元素，②主成分分析の第3主成分まで（化学組成の散らばり具合を65%説明する），③第5主成分まで（同じく80%），④第8主成分まで（同じく90%）の因子負荷量の平均値が上位10位に入る元素の組合せで線形判別分析を行った．その結果，①③④の組合せで活断層と非活断層の2群を正確に分ける一次式が得られた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

考察：上記①③④の元素の組合せに共通する元素はTiO_2, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, Baの6元素である．この6元素の組合せ（以下⑤とする）で再度線形判別分析を行ったところ，2群を正確に分ける結果となった．これらの元素は異なる手法あるいはフィルターで選ばれたものであることから，活断層と非活断層の違いを表す元素の可能性がある．また，①③④⑤の一次式に別の活断層の断層ガウジ３試料のデータを代入し，検証を行った結果，全ての式で活断層側と判別される値が出た．ただし，これらの値は母集団の分布範囲から外れており，その傾向は元素数が多いほど顕著であった．すなわち，⑤の組合せが最も母集団と近い値となった．このことから，現時点では，⑤の6元素で構成される一次式が，活断層と非活断層を分ける最良の式と判断した．

おわりに：断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析により，活断層41試料と非活断層16試料の2群を，化学組成から正確に分ける一次式が複数得られた．更に，これらの一次式に共通する元素の組合せから，活断層と非活断層の違いを表す元素を6つに絞ることができた．この6元素は，今後「なぜ活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成が異なるのか」という本質的議論の鍵となる可能性がある．

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。

引用文献：Akaike, H., Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), p. 267-281, 1973.

キーワード：断層ガウジの化学組成、多変量解析、活断層と非活断層
Keywords: Chemical composition of fault gouge, Multivariate analysis, Active faults and inactive faults

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ー スリップパーティショニングの最大化を例として ー
Bayesian optimization of fault-shape parameters using finite element analysis: parameter sets for strong slip partitioning

*竿本 英貴[1]
*Hidetaka Saomoto[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

断層変位解析を含む三次元有限要素解析は，一定レベル以上の計算時間を必要とするため，多くの解析ケースについての検討は一般に困難である．一方で，観測結果を模擬するためには少なくともいくつかの解析ケースについて検討する必要がある．観測結果とシミュレーション結果の残差に対してモデルパラメータの感度が容易に求まらない場合，グリッドサーチによってパラメータの良し悪しを検討するのが通例であるが，パラメータ数が多くなると検討すべき解析ケース数が指数関数的に増加するため，グリッドサーチは効率的ではない．一方，遺伝的アルゴリズムなど進化計算に基づくパラメータ最適化は感度情報が不必要かつ強い非線形問題についても適用できるという利点があり，広く用いられている．しかしながら，進化計算に基づくパラメータ最適化は1ケースあたりの計算時間が短い場合への適用に限られ，今回対象とする(計算時間が長い)三次元有限要素解析には適用しづらい．

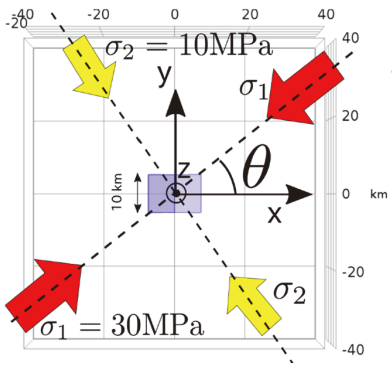
近年，なるべく少ない試行回数で最適パラメータを求めようとする手法として，ベイズ最適化手法が注目されている．ベイズ最適化はある時点までに実施してきた試行結果を元にして，次の探索候補を逐次的に決定するアルゴリズムであり，グリッドサーチに比べて効率的である上，進化計算に基づくアルゴリズムのように多くの解析ケース(ただし，グリッドサーチよりは少ない)を必要としない．ここではベイズ最適化手法の一つであるTree-Structured Parzen Estimatorに基づく最適化ライブラリOptuna(1)を有限要素解析(COMSOL Multiphysics)と組み合わせることで，スリップパーティショニングを積極的に起こす断層面形状を探索した．ベイズ最適化から得られた断層面形状に関するパラメータセットは，事前に実施したグリッドサーチから得られたパラメータセットと整合的であり，グリッドサーチの結果よりもスリップパーティショニングの程度が大きくなった．今回の検討から，ベイズ最適化手法によって効率的に断層面形状に関するパラメータが探索できることが示された．

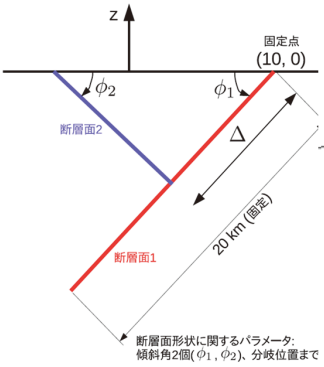
参考文献:

(1) Preferred Networks, Inc.: https://optuna.org/

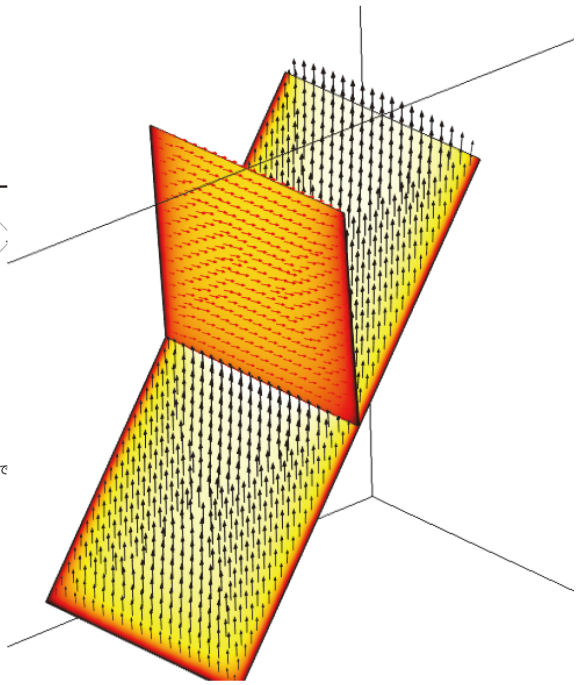
キーワード：活断層、有限要素法、ベイズ最適化、スリップパーティショニング
Keywords: Active Fault, Finite Element Method, Bayesian Optimization, Slip Partitioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





最適化するパラメータ：
主応力方位と断層面形状に関するパラメータ



Θ= 33.8°, ϕ1= 54.5°, ϕ2= 86.3°, Δ=10 km
のとき、スリップパーティショニングが
生じやすいと考える

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-SS 地震学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_31

[S-SS15] 活断層と古地震

コンビーナ:小荒井 衛(茨城大学理学部理学科地球環境科学コース)、大上 隆史(産業技術総合研究所　地質調査総合センター)、道家 涼介(神奈川県温泉地学研究所)、近藤 久雄(産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

内陸活断層やプレート境界断層の活動履歴およびその地震像は、被害地震の長期予測にとって基本的なデータであり、各地で調査・研究が行われている．本セッションでは、活断層の現在の動き、活断層の歴史的な活動履歴（地質断層の再活動も含む）、活断層の浅部構造、活断層・歴史地震の調査手法、アクティブテクトニクス、地震発生の長期予測モデル、歴史文書から推定される古地震像および地震災害軽減のための活断層・古地震研究の活用についてなど、広範な発表を歓迎する．

[SSS15-P01] ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震

*田近 淳[1]、乾 哲也[2] (1.株式会社ドーコン、2.厚真町教育委員会)

[SSS15-P02] 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8] (1.東北大学災害科学国際研究所、2.（株）環境地質、3.山口大学教育学部、4.東北大学名誉教授、5.応用地質株式会社、6.東北大学大学院理学研究科、7.千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8.地域地盤環境研究所)

[SSS15-P03] 1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1] (1.東京大学地震研究所)

[SSS15-P04] **Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses**

*Jhih Hao Liao[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yasufumi Iryu[2]、Hiroyuki Tsutsumi[3]、Chia-Yu Chen[1] (1.Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2.Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3.Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan)

[SSS15-P05] 茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録―予報―

*井内 美郎[1] (1.早稲田大学人間科学学術院)

[SSS15-P06] 三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1] (1.防衛大学校)

[SSS15-P07] 北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1] (1.首都大学東京)

[SSS15-P08] 糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ (1.信州大学、2.岡山大学、3.東大地震研、4.法政大学、5.富山大学、6.日本原子力研究開発機構、7.鶴岡工業高等専門学校、8.神奈川県温泉地学研究所、9.木曽青峰高校、10.望月小学校)

[SSS15-P09] 長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学理学部地質科学科)

[SSS15-P10] 阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2] (1.岐阜大学工学部社会基盤工学科、2.電力中央研究所)

[SSS15-P11] 可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4] (1.公益財団法人　深田地質研究所、2.日本原子力研究開発機構、3.東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4.ローレンスバークレー国立研究所)

[SSS15-P12] 岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1] (1.株式会社パスコ)

[SSS15-P13] 福井県北部、丹生山地周辺の活断層

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2] (1.公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2.広島大学、3.同志社大学)

[SSS15-P14] 濃尾地震の被害から検証する岐阜―一宮線

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2] (1.岡山大学大学院教育学研究科、2.東濃地震科学研究所)

[SSS15-P15] **郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明**

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4] (1.大阪市立大学大学院理学研究科、2.兵庫県立人と自然の博物館、3.高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4.東京大学地震研究所)

[SSS15-P16] 徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1] (1.土木研究所、2.応用地質株式会社)

[SSS15-P17] 南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2.高知大学　農林海洋科学部、3.高知大学　海洋コア総合研究センター、4.高知大学、5.国立研究開発法人海洋研究開発機構)

[SSS15-P18] 安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3] (1.法政大学人間環境学部、2.高知大学海洋コア総合研究センター、3.名古屋大学減災連携研究センター)

[SSS15-P19] 阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3] (1.国土交通省国土地理院、2.日本大学、3.電力中央研究所)

[SSS15-P20] 阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4] (1.国土地理院、2.日本大学、3.山形大学、4.電力中央研究所)

[SSS15-P21] ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

*粟田 泰夫[1] (1.産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門)

[SSS15-P22] ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3] (1.広島大学、2.名古屋大学、3.東洋大学)

[SSS15-P23] 地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出

*中村 衛[1]、陳 浩維[2] (1.琉球大学理学部、2.国立中央大学)

[SSS15-P24] Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1]、J Bruce H Shyu[1]、Yuan-Lu Tsai[1]、Chuan-Chou Shen[1] (1.National Taiwan University)

[SSS15-P25] 2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寳楽 裕[1] (1.株式会社 パスコ)

[SSS15-P26] **Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault**

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9] (1.香川大学　地域強靭化研究センター、2.海洋研究開発機構、3.防災科学技術研究所、4.トルコ　ボアジチ大学、5.包括的核実験禁止条約機構、6.東京大学地震研究所、7.名古屋大学、8.トルコ　中東工科大学、9.首相府災害緊急事態管理局、10.兵庫県立大学、11.トルコ　イスタンブール大学)

[SSS15-P27] 断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2] (1.富山大学、2.日本原子力研究開発機構)

[SSS15-P28] ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ― スリップパーティショニングの最大化を例として ―

*竿本 英貴[1] (1.産業技術総合研究所)

ランドスライドから見た北海道厚真町の古地震
Paleoseismicity of Atsuma Town , Hokkaido: Evidence from landslide deposits

*田近 淳[1]、乾 哲也[2]
*Jun Tajika[1], Tetsuya Inui[2]

1. 株式会社ドーコン、2. 厚真町教育委員会
1. Docon Co.,Ltd., 2. Board of Education, Atsuma Town

2018年北海道胆振東部地震（胆振東部地震）が発生し，この地域の地震履歴が注目されている．筆者らは，以前，厚真町厚幌１遺跡で縄文時代中期（土器編年からは約4千年前：^{14}C年代は5.6～2.5cal.yBP）に地震よる地すべり（成層した樽前dテフラ（以下Ta-d：9ka）のスライド：debris slide）が発生したことを示し，それらは石狩低地東縁断層帯の活動時期と一致することを指摘した（田近ほか，2004，2016）．今後のこの地域の地震活動を評価する上で，古地震の痕跡の再検討は重要な課題である．そこで，厚幌１遺跡背後の斜面で，今回再び発生した地すべりを記載し，縄文時代の地震（縄文地震）による地すべりと比較するとともに，町内の遺跡で見られる地震痕跡について整理を行った．

胆振東部地震による地すべりは厚幌１遺跡の背後の斜面A～E５か所で発生した．いずれも成層したTa-dテフラのスライドで，縄文時代の地すべりと同じである．平滑斜面で発生したAを除くと，すべて斜面下部を遷急線で切られた懸谷形斜面で発生した．これらの移動体は長距離移動し，特に最大のBの移動体は道路盛土（約7m）を乗り越え斜面基部から約170m移動して別の道路盛土を削剥して停止した．B及びD,Eの斜面下では縄文地震の際の地すべり移動体が発見されているが，斜面基部からの移動量は最大約70mにすぎない．ただし，見かけの等価摩擦係数は0.3程度で両者ともあまり変わらない．移動距離が大きいのは崩壊源が斜面上部に拡大したことなどが原因かもしれない．

縄文地震と同時期の地すべり堆積物やその痕跡は，厚幌ダム湛水域のオニキシベ３遺跡をはじめとして上幌内モイ遺跡，イクバンドユクチセ遺跡，ヲチャラセナイ遺跡北部など広い範囲に分布する（厚真町教育委員会，2009；北海道埋蔵文化財センター，2016，2018）．また，今回の地震で崩壊した山腹斜面にはTa-dを欠く，あるいは樽前cテフラ（Ta-c：2.5ka）の上にTa-dが載る斜面がしばしばみられ，縄文地震イベントあるいはTa-cと樽前bテフラ（Ta-b：AD1667年）間の地震イベントで崩壊した斜面の可能性がある．厚真町内ではこのほかに，Ta-c以降，苫小牧白頭山テフラ（B-Tm：10C）以前の「地割れ」イベント（豊沢地区，豊沢６遺跡：北海道教育委員会，2012），Ta-b（AD1694年）とTa-a(AD1739年)の間に液状化イベント（吉野地区ヲイカルマイ遺跡：厚真町教育委員会，2013）が確認されているのみである．以上のように，現時点ではテフラのスライドが群発するようなイベントは，Ta-d の堆積した9千年前以降，今回と縄文地震以外には認められない．Ta-cとB-Tm間のイベントも斜面変動を伴うが，その規模は小さい．

キーワード：古地震学、液状化、地すべり移動体
Keywords: Paleo seismology, Liquefaction, landslide body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造（その2：岩石密度測定値を使った地下構造の推定）

Gravity survey and subsurface structure across the Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Northeast Japan(part 2; estimation of the subsurface structure using the density of rock samples)

*岡田 真介[1]、小坂 英輝[2]、楮原 京子[3]、今泉 俊文[4]、阿部 恒平[5]、坂下 晋[5]、三輪 敦志[5]、小鹿 浩太[5]、小田 佑介[5]、塚本 勇樹[6]、宮内 崇裕[7]、越後 智雄[8]
*Shinsuke Okada[1], Hideki Kosaka[2], Kyoko Kagohara[3], Toshifumi Imaizumi[4], Kohei Abe[5], Susumu Sakashita[5], Atsushi Miwa[5], Kouta Koshika[5], Yusuke Oda[5], Yuki tsukamoto[6], Takahiro Miyauchi[7], Tomoo Echigo[8]

1. 東北大学災害科学国際研究所、2. （株）環境地質、3. 山口大学教育学部、4. 東北大学名誉教授、5. 応用地質株式会社、6. 東北大学大学院理学研究科、7. 千葉大学大学院理学研究院　地球科学研究部門、8. 地域地盤環境研究所
1. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2. Kankyo Chishitsu, Co. Ltd., 3. Faculty of Education, Yamaguchi University, 4. Emeritus professor of Tohoku University, 5. OYO Corporation, 6. Graduate School of Science, Tohoku University, 7. Department of Earth Sciences, Graduate School and Faculty of Science, Chiba University, 8. Geo-Research Institute

青森湾西岸断層帯は，青森県東津軽郡蓬田村から青森市に向かって，北北西−南南東方向に延びる長さ約31 km断層帯であり，青森湾西断層，野木和断層，入内断層から構成される西傾斜の逆断層帯である（地震調査研究推進本部, 2004）。楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）では，2016年に蓬田村周辺において青森湾西断層を横断する浅層反射法地震探査およびCSAMT探査を実施し，浅部で低角化した青森湾西断層とその逆断層運動によって変形を受けた地質構造を明らかにした。本研究では，楮原ほか（2017）および坂下ほか（2017）と同一測線において2017年に重力探査を実施し，ブーゲー重力異常による地下の密度構造を推定した（岡田ほか, 2018）。

得られたブーゲー重力異常は，浅層反射法地震探査（楮原, 2017）およびCSAMT探査（坂下, 2017）から得られた地下の地質構造を拘束条件として用い，タルワニ法（Talwani et al., 1959）によって，地下構造を検証した。しかし，2018年の発表（岡田ほか, 2018）では，各地層の密度の推定に検討の余地があり，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の一部に乖離がある部分もあった。そこで，各地層の露頭においてサンプリング調査を実施し，岩石密度測定（村田ほか編, 1991の方法に基づく）を行うことによって，ブーゲー重力異常の計算に用いた。一部の層準には，密度の逆転が見られた。密度測定の結果をタルワニ法に用いることにより，観測ブーゲー重力異常と計算ブーゲー重力異常の乖離がほぼ解消し，地下の密度構造の推定が大きく改善された。

[文献]

地震調査研究推進本部, 2014, 青森湾西岸断層帯の評価, 16 p.

楮原京子ほか, 2017, 津軽山地東縁における反射法地震探査, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P08, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

村田泰章ほか編，1991，日本の岩石物性値ー密度，磁性，P波速度，有効間隙率，熱伝導ー, 地質調査所報告, No. 276, 302 pp.

岡田ほか, 2019, 青森湾西岸断層帯を横断する重力探査とその地下構造, 日本地球惑星科学連合2018年大会, SSS08-P05, 幕張メッセ国際会議場, 2018-05-22.

坂下　晋ほか, 2017, 多チャンネル電磁探査装置を用いた高密度CSAMT探査の活構造調査への適用, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-P18, 幕張メッセ国際会議場, 2017-05-23.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Talwani M., Worzel J. L., and Landisman M., 1959, Rapid gravity computations for 2-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, J. Geophys. Res., 64, 49-59, doi:10.1029/JZ064i001p00049.

キーワード：重力探査、ブーゲー重力異常、岩石密度測定、青森湾西岸断層帯、反射法地震探査、CSAMT探査
Keywords: Gravity survey, Bouguer gravity anomaly, Rock density measuring, Aomoriwan-Seigan Fault Zone, Seismic reflection survey, CSAMT survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

1611年慶長三陸地震は2011年東北地方太平洋沖地震と同様の超巨大地震だったか？
Was the 1611 Keicho earthquake a giant interplate event like the 2011 Tohoku earthquake?

*原田 智也[1]、西山 昭仁[1]、佐竹 健治[1]、古村 孝志[1]
*Tomoya Harada[1], Akihito Nishiyama[1], Kenji Satake[1], Takashi Furumura[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

慶長十六年十月二十八日（1611年12月2日）の三陸地震（以下，「慶長三陸地震」）は，地震動による被害の記録は未発見だが，東北地方･北海道の太平洋岸で津波による犠牲者が多数出たと記録されている．この特徴が，1896年明治三陸地震（M8.1）や1933年昭和三陸地震（M8.1）の特徴と似ていることから，慶長地震は，これらと同タイプの地震であったと考えられてきた（羽鳥，1975；相田，1977；渡辺，1998）．ところが，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0；以下，「東北地震」）の発生後，慶長三陸地震による津波が，東北地震による津波と同様に広域的に高かったと判断し（例えば，蝦名，2014；岩本，2013），この津波を再現するためには，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震（Mw8.4～8.7）（今井･他，2015），あるいは，Mw9.0の津波地震（福原･谷岡，2017）を考える必要があることを，津波シミュレーションに基づき議論している．この判断は，三陸地方や仙台平野に伝わる津波の伝説や伝承を含む歴史記録に基づく津波高や浸水範囲（例えば，羽鳥，1975；都司･他，2011；蝦名･今井，2014）の推定が，東北地震と同等以上であることを主な根拠としている．しかし，津波高や浸水域の推定方法，推定に使われた歴史記録の信頼性について十分な検討が行われたとは言い難く，歴史研究者からも疑問が呈されている（例えば，菅野，2014；佐々木，2014；斎野，2017）．

そこで本研究では，同時代史料による慶長地震の特徴と東北地震を比較することにより，慶長三陸地震の震源像を考察した．

東北地震の発生時，東京は震度5弱～5強の強い揺れに長時間見舞われ，本震後24時間以内の有感地震は200回を越えた（気象庁震度データベースによる）．さらに，長野県北部でMw6.7，静岡県東部でMw6.4の誘発地震が発生し，被害も出た．よって，慶長三陸地震が東北地震と同規模のプレート間地震であれば，江戸では長時間の強い揺れとそれに伴う大被害，さらに，数日以上にわたる余震・誘発地震による揺れが記録されている可能性がある．実際に，寛政五年一月七日（1793年2月17日）の宮城県沖の地震（M8.0～8.4）では，江戸で小被害と地震後2日間で約50回の有感地震が記録されている（宇佐美･他,2013）．

慶長三陸地震発生時の江戸には，京都の公家の山科言緒と舟橋秀賢が滞在しており，それぞれ，『言緒卿記』に「（廿八日）辰刻大地振，（廿九日）至夜地動」，『慶長日件録』に「（廿八日）午刻地震，（廿九日）丑刻地動」と記している．本震の震度は3程度と推定され，長時間揺れたという記述はない．また，余震によると思われる揺れは，本震翌日の“地動”が1回記録されているのみである．さらに，両日記には，地震翌日に武蔵野見物に行った様子が記されており，有感地震が続発した状況はみられない．『駿府記』によれば，徳川家康は十月廿六日以降に現埼玉県内で何事もなく鷹狩りを挙行している．また，東北地震後のような誘発被害地震の記録もない．したがって，関東において，本震の揺れが弱く，活発な余震活動や誘発地震の記録がない慶長三陸地震が，東北地震と同規模の断層面を持つプレート間地震であったとは考え難い．

斎野（2017）によれば，仙台平野の考古遺跡からは，岩沼市の高大瀬遺跡を除いてこの地震によると考えられる津波堆積物は確認されていない．また，岩手県宮古市の沼の浜，福島県南相馬市の井田川低地においても確認されておらず（Goto et al. 2019; Kusumoto et al. 2018），慶長三陸地震の津波の規模は東北地震より小さかった可能性が高い．

以上より，この地震は，三陸海岸で10m以上の高い津波を発生させたが，東京において本震の揺れが弱く，余震もほぼ感じられなかった明治三陸地震か昭和三陸地震と同タイプの地震であった可能性が高い．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なお，後世に成立した史料や成立年不明の史料の中には，慶長三陸地震の5年後の元和二年（1616年）十月廿八日に地震と津波があったことを示す史料が含まれる．例えば，『大槌古館由来記』では「元和二年丙辰年大津波，其日十月廿八日八日市日ニて，朝よりゆり出度々地震仕候，」の記述がある．

元和二年には，七月廿八日に仙台城の石垣･櫓に大被害を与えた大地震が記録されており，（『伊達治家記録』），時刻は異なるが江戸における長時間の地震の揺れの記述もある（『イギリス商館長日記』）．商館長日記には，翌日にも江戸で2,3回の地震があったと記述されている．したがって，『大槌古館由来記』のような史料では，慶長三陸地震と元和二年の大地震とが混同されている可能性がある．今後，慶長三陸地震の地震像を考えるに当たり，元和二年の大地震を含めた検討が必要である．

キーワード：1611年慶長の三陸地震、プレート間超巨大地震、史料の信頼性、一級地震史料、津波高と津波浸水域、津波堆積物
Keywords: 1611 Keicho earthquake, a giant interplate earthquake, reliability of historical records, primary historical documents, tsunami heights and inundation areas, tsunami traces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

Neotectonic characteristics along both flanks of the Ou Backbone Range, Tohoku Region, Japan, from fluvial geomorphic analyses

*Liao Jhih Hao[1]、Shyu J Bruce[1]、Iryu Yasufumi[2]、Tsutsumi Hiroyuki[3]、Chia-Yu Chen[1]
*Jhih Hao Liao[1], J Bruce H Shyu[1], Yasufumi Iryu[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Chia-Yu Chen[1]

1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan、2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan、3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan
1. Department of Geosciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyotanabe, Japan

The islands of Japan are located at the boundaries between the Eurasian, Philippine Sea, and Pacific plates, with frequent earthquakes and numerous active structures. In the Tohoku Region, for example, the Ou Backbone Range is bounded on its both sides by two major active structural systems: the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin in the west and the Western Marginal Fault Zone of the Kitakami Lowland in the east. However, the relative activeness and characteristics of these two systems are still not clear. As fluvial systems are capable of recording variations of topography caused by tectonic, climatic, lithologic, and anthropogenic influences, we hope to further understand these two structural systems using fluvial geomorphology of the Ou Backbone Range area.

In this study, we analyzed river profiles to obtain the geomorphic index χ and the river steepness index (k_{sn}). The results show that the steepness index of river channels along the two flanks of the Ou Backbone Range are different, likely indicating different tectonic activities. However, we also found a number of knickpoints along several river networks. We investigated these knickpoints with satellite imagery and field surveys. Our results show that these knickpoints are mostly produced by local resistant rock layers or check dams, instead of reflecting different states of tectonic activity.

Therefore, we were able to exclude the influence of the knickpoints and to focus only on the results of river steepness index. The results show that rivers along the western flank of the Ou Backbone Range generally have steeper channels than those along the eastern flank. This suggests that the uplift rate of the range’s western flank is higher, and the structures in the west may have higher activity. The results are consistent with the vertical slip rate estimates of the faults; ~1 mm/yr for the western flank and 0.2-0.4 mm/yr for the eastern flank. Moreover, the northern segment of the range’s western flank has the steepest river channels. This result appears to correspond with the surface ruptures of the Senya fault, Ota fault, and other related faults during the 1896 Rikuu earthquake. As a result, we propose that the northern segment of the Eastern Marginal Fault Zone of the Yokote Basin may be the primary structural system in the region, producing the faster uplift of the range and rapid subsidence of the basin, and steeper channels along the western flank of the Ou Backbone Range.

キーワード：Neotectonic activity、river steepness index、fluvial geomorphic index χ、Ou Backbone Range、Japan
Keywords: Neotectonic activity, river steepness index, fluvial geomorphic index χ, Ou Backbone Range, Japan

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

茨城県東南部，霞ケ浦湖底堆積物における過去約700年間の津波記録ー予報ー

Tsunami record of the last 700 years in bottom sediment of lake Kasumi-ga-ura, southeastern part of Ibaragi Prefecture

*井内 美郎[1]
*Yoshio Inouchi[1]

1. 早稲田大学人間科学学術院
1. Faculty of Human Sciences, Waseda University

茨城県東南部に位置する霞ケ浦は，利根川筋を通じて太平洋と連絡している．今回試料を採取した霞ケ浦中央部は，利根川河口から最大約50kmの距離がある．また，2011年3月の東北地方太平洋沖地震の際に観察された津波高は，利根川河口で+2.5m，河口から約18kmの河口堰で最大Y.P.+2.4m(T.P.+1.6m)が観測された（独立行政法人水資源機構 利根川下流総合管理所・利根川河口堰管理所ホームページより）．このような情報を背景に霞ケ浦湖底堆積物の検討を行った．2018年8月21日，霞ケ浦の湖心域水深約6mにおいて押し込み式柱状採泥器を用いて77cm長の試料を採取した．採取試料についてＣＴスキャナを用いてCT画像を撮影し，厚さ1cm毎に粒度分析用試料を採取した．試料断面肉眼観察の結果，深度42cmに浅間Aテフラ，深度50cmに富士宝永テフラが，深度70～73cmにヤマトシジミ殻数個が確認できた．CT画像観察と粒度分析の結果，通常の堆積物は体積重み付き平均粒径で10マイクロメーター以下であるのに対して，10マイクロメーターを上回り，CT画像で上下の層準より相対的にX線の透過が劣るという特徴のある10層準以上のイベント層が確認できた．それらの層準は，砂粒子を実体顕微鏡で観察した結果，石英・長石・輝石などの鉱物粒子や軽石・スコリア粒子などのほか，微量の植物片や貝殻片が確認できるばあいがある．堆積物の乾燥重量とテフラの降下年代を基に重量堆積速度を求め，それぞれのイベント堆積物の堆積年代を推定したところ，歴史的な大きな津波の年代と近似することが明らかになった．先に述べたように，霞ケ浦は太平洋から50㎞以上離れており，利根川筋を通じで遡上した津波高は早急に減衰することが考えられるが，今回の調査の結果，いくつかの大きな津波は，利根川流域の底質を巻き込みながら，霞ケ浦にまで到達した可能性が高いことが示された．その主なものは，1933年昭和三陸津波，1909年千葉房総沖地震津波，1896年明治三陸地震津波，1877年および1837年チリ地震津波，1703年元禄地震津波，1677年延宝房総沖地震津波，1605年慶長地震津波または1611年慶長三陸津波，1586年天正13年津波，1498年明応地震津波または1454年享禄地震津波，1361年正平16年地震津波などの可能性がある．

キーワード：津波、地震、湖沼、堆積物、粒度
Keywords: tsunami, earthquake, lake, sediment, grain size

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三浦半島における常時微動観測による伏在断層の検出
Detecting concealed fault by microtremor H/V study in Miura Peninsula

*小川 万次[1]、岩瀬 康行[1]、村越 匠[1]、板野 稔久[1]
*Kazuzi Ogawa[1], Yasuyuki Iwase[1], Takumi Murakoshi[1], Toshihisa Itano[1]

1. 防衛大学校
1. National Defense Academy

関東地方南部に位置する三浦半島は多くの活断層が存在する。5万分の1地質図幅 横須賀(1998)によると、葉山地域湘南国際村の中心部におよそ東西走向の伏在断層があると考えられている。本研究では、存在しているとされる断層（伏在断層）を検出する手法として、常時微動観測による断層の検出を目指している。常時微動とは、地震の無い時にも常に地面を揺らしている振動のことである。常時微動は自然現象や人間活動に起因する、一見ランダムなノイズだが、伝播の媒質となる地盤の情報を含んでいる。現在では、常時微動のH/Vスペクトル比を用いた研究は観測の利便性もあり、 中村ほか(1986)の従来の地盤評価、Gueguen et al.(2000)の地下構造推定を経て、渋谷(2008)やSant et al.(2017)のような活断層の検出という風に応用が広がっている。

本研究では、常時微動観測は地質図に示されている伏在断層を横切るように南北約700mの範囲内の15か所の観測点で実施した。観測は、JU410（白山工業）を用いて行い、サンプリング周波数は100 Hzとした。また、各観測点で15分間計測した。解析は、データウィンドウ長を20秒とし、45個のデータセットのうちノイズの激しい部分を除去したデータセットからH/Vスペクトル比を計算し、その平均値を用いた。データセットにはオーバーラップは認めていない。本研究のH/Vスペクトル比の算出方法は、以下の通りである。まず南北・東西・上下方向の加速度波形からそれぞれのフーリエスペクトルを求める。次に、スペクトルの南北成分の2乗と東西成分の2乗の和の平方根を、上下成分で除すことからH/Vスペクトル比を求める。また、南北成分を上下成分で除す及び東西成分を上下成分で除すことからNS/UD、EW/UDをそれぞれ求める。H/Vスペクトル比の算出と、NS/UD及びEW/UDの算出は別々に行う。このことから、南北方向と東西方向について異方性を考慮することができる。

解析の結果、H/Vスペクトル比の卓越周波数は地質図に示された伏在断層のおよそ100 m南を境に北部では5 Hz程度、南部では3 Hz程度であり、伏在断層の直交方向の卓越周波数の変化が確認された。このことは湘南国際村の中心部において、北から南に向かい、基盤岩と堆積層の境界が深くなっている可能性を示している。また、H/Vスペクトル比のピークが見られる周波数においてEW/UDがNS/UDに対して卓越していることが確認された。このことは、湘南国際村の中心部において東西方向に伏在断層が存在し、常時微動H/Vスペクトル比が卓越する周波数において伏在断層の走向と同じ方向にスペクトルが大きくなるという異方性がある可能性を示唆している。またこのような異方性を意識した常時微動観測・解析は今後の断層研究その他の発展につなげていけると期待できる。

キーワード：常時微動、H/Vスペクトル比、伏在断層、異方性
Keywords: Microtremor, H/V spectral ratio, Concealed fault, Anisotropy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北伊豆断層帯周辺の分岐活断層の分布・形状とその変位速度
Distribution, geometry and slip rates of branch faults around the Kita-Izu fault zone

*小田 龍平[1]、石村 大輔[1]、鈴木 毅彦[1]
*Ryuhei Oda[1], Daisuke Ishimura[1], Takehiko Suzuki[1]

1. 首都大学東京
1. Tokyo Metropolitan University

伊豆半島北東部には，ほぼ南北の一般走向を持つ北伊豆断層帯が存在し，その東側一帯には南東方向に派生する分岐断層群（地震調査研究推進本部，2005）が分布する．しかし，これら分岐断層群の変位速度はほとんど明らかにされていない．池田ほか（1996）は震源断層と地表の活断層群との一連のシステムについて述べ，近接して分布する活断層群の関連性を理解することが，震源断層の活動を推定する上で非常に重要であるとしている．地表で主断層とそれから枝分かれする分岐活断層の関連性を明らかにするために，分岐活断層の基礎的情報（分布・形状や変位速度）を明らかにする必要がある．加えて，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布・形態や形成年代についてもほとんど分かっていない．そこで，本研究では，北伊豆断層帯の中でも大きな変位が確認されている主断層（丹那断層・浮橋中央断層）に斜交・並行する分岐活断層を対象とし，これら分岐活断層の分布・形状や変位速度を明らかにする．さらに，北伊豆断層帯周辺の地形面の分布や形態を明らかにし，それらの形成年代についても考察する．

本研究では，まず地形判読を行い，地形面区分図と活断層分布図を作成した．そして，国土地理院提供のDEMデータを用いて，分岐活断層の累積変位量の測量を行った．現地調査では，判読した活断層の踏査と断層周辺の地形面を構成する堆積物の観察を行った．

地形判読から，研究地域の地形面を丘腹緩斜面，台地状緩斜面（高位・低位），扇状地面，火山麓扇状地面，河成段丘面（一部については細分した）に区分した．また，活断層分布図では，活断層，推定活断層，活断層の可能性があるリニアメントに分けて図示した．その結果，北伊豆断層帯は主に雁行する左横ずれ断層によって構成され，北端部の芦ノ湖南周辺や南端部の早霧湖周辺では，東西走向の右横ずれ断層が分布することが分かった．丹那断層と浮橋中央断層に斜交・並行する分岐活断層は，丹那断層と浮橋中央断層の主に東側に分布し，ほぼ南北走向の左横ずれ断層や北西一南東走向，東西走向の右横ずれ断層が存在することが分かった．露頭調査では，地形面の形成年代を推定することが可能な堆積物を確認することができなかった．そのため，精度は低くなるが，本研究では，5万分の1地質図「熱海」（及川・石塚，2011）を用いて，地形の基盤を成す地質の年代を地形面の形成年代の下限とした．

断層変位地形から求めた上下・横ずれ累積変位量と，地形面の下限の形成年代を用いて，分岐活断層の変位速度の下限を算出した．その結果，研究地域の分岐活断層の横ずれ変位速度の下限は主に0.10～1.0 mm/yr，縦ずれ変位速度は主に0.01～0.10 mm/yrを示した．同様に，丹那断層と浮橋中央断層の変位速度を算出し，分岐活断層の変位速度と比較したところ，分岐活断層の横ずれ変位速度は丹那断層と浮橋中央断層より1桁小さいことが分かった．したがって，分岐活断層の活動性は，丹那断層と浮橋中央断層のそれよりも低いと考えられる．今後は，精度のよい変位速度を求めるために，堰き止め谷での掘削調査などを行う必要がある．

また，丹那断層の北部には，南北または北西一南東走向の左横ずれセンスを持つ活断層が分布する．これらの活断層は丹那断層とミの字型の雁行配列をなし，分岐活断層と比べて大きな変位速度の値を示す．さらに，北伊豆断層帯の最新の活動である1930年北伊豆地震時に丹那断層と共に活動した可能性がある（松田，1972）．これらのことから，丹那断層の北部に位置する一部の活断層は，丹那断層の北端部を構成する活断層であることが示唆される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：北伊豆断層帯、丹那断層、浮橋中央断層、分岐活断層、変位速度
Keywords: Kita-Izu fault zone, Tanna fault, Ukihashi central fault, branch faults, slip rate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

糸魚川-静岡構造線断層帯神城断層南部における活動履歴調査
Paleoseismology of the southern part of Kamishiro fault, ISTL active fault zone, central Japan

*水谷 光太郎[1]、廣内 大助[1]、松多 信尚[2]、石山 達也[3]、杉戸 信彦[4]、安江 健一[5]、竹下 欣宏[1]、藤田 奈津子[6]、澤 祥[7]、道家 涼介[8]、丸山 陽央[9]、池田 一貴[10]、変動地形調査 グループ
*Kotaro Mizutani[1], Daisuke Hirouchi[1], Nobuhisa Matsuta[2], Tatsuya Ishiyama[3], Nobuhiko Sugito[4], Ken-ichi Yasue[5], Yoshihiro Takeshita[1], Natsuko Fujita[6], Hiroshi Sawa[7], Ryosuke Doke[8], Haruo Maruyama[9], Kazutaka Ikeda[10], Kamishiro Fault

1. 信州大学、2. 岡山大学、3. 東大地震研、4. 法政大学、5. 富山大学、6. 日本原子力研究開発機構、7. 鶴岡工業高等専門学校、8. 神奈川県温泉地学研究所、9. 木曽青峰高校、10. 望月小学校
1. Shinshu University, 2. Okayama University, 3. ERI, University of Tokyo, 4. Hosei University, 5. Toyama University, 6. JAEA, 7. Tsuruoka Nat.Col.Tech., 8. Hot Springs Research Institute of Kanagawa Pref., 9. Kisoseiho High school, 10. Mochiduki Elementary School

1. はじめに

2014年11月22日に発生した神城断層の一部を震源とする長野県神城断層地震（M6.7）は断層のおよそ北半分において最大変位量約1mに及ぶ地表地震断層を出現させた。地震後，変位量調査やトレンチ掘削調査などが行われ，一つ前の地震は1714年の小谷地震の可能性が高いことなど徐々に明らかになっている。一方で，断層南半部の活動履歴など断層の活動履歴などは断層北半部と比較してまだ十分ではない。

また青木湖以南では左横ずれ変位を示す断層トレースも指摘されており（柏木，1987；柏木ほか，1988），都市圏活断層図「大町 改訂版」（廣内ほか，2018）では左横ずれ断層が改めて記載され，北半部と比較した活動履歴や活動特性の解明が待たれている。

2. 変動地形から見積もられる横ずれ変位速度

本研究では，神城断層における空中写真判読を行い，変動地形の記載を行った。またトレンチ掘削調査を実施した。青木湖南岸では２条の断層（廣内ほか，2018）が指摘されるが最も東側の断層の北延長において，新たに左屈曲した尾根や河谷を新たに見出した。尾根の屈曲量は約43mである。尾根基部でのトレンチ調査より，尾根は湖成層によって構成されるバルジであり約2万年前(21330±90yrBP)の年代試料が得られたことから，左横ずれの変位速度約2.0m/ky(min)が算出される。この値は西側に分布する東側隆起の逆断層の上下変位速度約2m/ky（松多ほか，2006）と同等の値であり，従来の知見と合わせると大きな左横ずれ変位を持つ断層が少なくとも青木湖南岸まで連続することが明らかとなった。

3. トレンチ掘削調査

青木湖南岸の左屈曲した尾根の基部でトレンチ掘削調査を行った。掘削地点は東側の山地から西に広がる扇状地に，左屈曲し西側隆起の尾根（バルジ）が塞ぐ形で新しい堆積物をトラップしており，活動履歴の痕跡を得られる可能性が高い地点である。

トレンチ壁面には幅約15mにわたって地層が西上がりの変形を受け，西側ほど直立に近い変形を被っており，東に向かって新しくなるよう分布する。西側の地層は風化した大峰帯の一部であり，これを覆って暗色の湖成層と流入する周辺層の互層が認められる。湖成層上部の試料から約2万年前(21330±90yrBP)の年代値が得られた。湖成層の上位にはさらにほぼ直立した青灰色の砂層，砂礫層が堆積するが，大部分は淘汰が悪く，土石流とこれを覆う淘汰の良い砂が堆積する。この砂礫層上位には明灰色のシルト～粘土層が堆積するが，これらは西上がりの低角断層により引きずられるような変形を受け，大きく東へ撓み下がって低下側にトラップされた腐植層と接している。低下側の腐植層は数層に区分されるが。下位のものほど東へ傾きブルドージングによって一部厚くなるような変形を受け，上位の腐植層が傾斜不整合でこれを覆う。これらの

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

セットが少なくとも3層準認められた。腐植層最下部の試料からは4720±30yrBPの年代値が得られ，約4700年前以降少なくとも2-3回のイベントが認められる。現在イベントの年代に関わる試料の年代測定を進めている。

　また青木湖南方の木崎湖北東部の海ノ口地区でも左横ずれ断層のトレンチ掘削調査を行っており，壁面からは非常に高角な断層が観察されている。こちらもイベントが複数回認められているが，そのイベント時期などは現在調査中である。

キーワード：糸魚川-静岡構造線断層帯、古地震、神城断層、活断層
Keywords: Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, Paleoearthquake, Kamishiro fault, Active fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

長野県南部，伊那谷断層帯の構造発達史
Geotectonic history of the Inadani fault zone in southern part of Nagano prefecture, central Japan

*津久井 脩平[1]、小林 健太[1]
*Shuuhei Tsukui[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学理学部地質科学科
1. Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

中部日本は数多の活断層が分布している，日本有数の活断層密集地域である(活断層研究，1991)．これらの活断層の多くはNE－SW走向とNW－SE走向を有する高角横ずれ断層群として特徴づけられる．このように横ずれが卓越する地域にありながら，長野県南部に分布する伊那谷断層帯は低角な逆断層として特徴付けられる特異な断層帯である．また，中部地方に分布する活断層の多くは，NE－SW走向とNW－SE走向のうち，どちらか一方のトレンドに分布するが，伊那谷断層帯は一つの断層帯の中でNE－SW走向とNW－SE走向両方の姿勢を持つという点においても特異である．

伊那谷断層帯は，従来NE走向の並列する逆断層群として考えられてきたが，地震調査研究推進本部(2007)によって断層帯南方の断層群に対する活動性の評価が改められ，起震セグメントとしては伊那谷断層帯主部と伊那谷断層帯南東部の2つに区分されることが認識された．伊那谷断層帯主部と南東部はNW走向の活断層である下条山麓断層によって接続されており，従来考えられてきたよりも複雑な断層幾何学を形成していることが分かった．このように推本(2007)によってその運動像に対する認識が改められた伊那谷断層帯が，どのようにして特異な形態を発達させてきたのかを解明することは中部地方のテクトニクスを理解するうえで重要な課題になると考えられる．

伊那谷断層帯の構造発達史を解明するために，より長期の変形を記録していることが期待される花崗岩分布域において調査を実施した．地表踏査では断層の形態や運動センス，断層岩の性状などに着目して調査を行った．調査にて得られたデータから室内作業にて，多重逆解法(山路，1999)を用いた応力解析を行った．また得られた断層岩試料はXRD分析を行い、含有する粘土鉱物の同定を行った。

断層同士の切断関係や，応力場の推定から，本地域の変形は3つの変形ステージに区分された．Stage:1~Stage:2は高角N－S走向のカタクレーサイトを伴う変形であり，Stage:3は低角～中角の断層ガウジを伴う変形であった．Stage:1では，E－W圧縮の横ずれ応力解が，Stage:2ではNW－SE圧縮の横ずれ応力解が，Stage:3ではENE－WSW圧縮の横ずれ～逆断層応力解が検出された．

XRD分析を行った結果、全ての断層ガウジにIlliteとSmectiteが含まれ、試料によってその量比を変化させていた。

本地域は西南日本東部に位置し，日本海拡大に伴う，地塊の時計回り回転と，伊豆弧衝突に伴う地塊の反時計回り回転を被っているため，応力方向について議論するためには，この影響を補正する必要がある．補正後の応力場は，Stage:1：東西圧縮応力場，Stage:2：南北圧縮応力場，Stage:3：東西～北東－南西圧縮応力場となり，香取(2016MS)で検出された屏風山断層に同様の補正を施した応力方向とよく一致する．したがって，今回検出された応力は，中部地方に広域的に作用する応力であるといえる．広域応力の原因をプレートの動きに求めるなら，本地域で最も古い断層岩であるカタクレーサイトは40Ma以降の太平洋プレートの西進を駆動力として形成された可能性がある．

キーワード：伊那谷断層帯、断層岩、活断層、粘土鉱物
Keywords: Inadani fault zone, Fault rock, Active fault, Clay mineral

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿寺断層において最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の特徴
Characteristics of the fault zone with only the recent slips in the Atera Fault

西田 敦士[1]、*大谷 具幸[1]、新實 拓也[1]、椿 純一[1]、上田 圭一[2]
Atsushi Nishida[1], *Tomoyuki Ohtani[1], Takuya Niimi[1], Jun'ichi Tsubaki[1], Keiichi Ueta[2]

1. 岐阜大学工学部社会基盤工学科、2. 電力中央研究所
1. Department of Civil Engineering, Gifu University, 2. CRIEPI

活断層の活動性評価には若い被覆層が必要であり，現状ではそれがなければ評価を行うことができない．そこで，基盤岩の断層破砕帯より活動性を評価する手法の開発が望まれる．その際、地表に露出する活断層破砕帯の最新すべり面では直近の過去にすべりを生じただけではなく、それ以前にもすべりを生じている可能性があり、複数回のすべりにより生じた変化の累積を現在観察していることに留意が必要である。よって、過去にすべりが生じた深度が現在と同じ地表付近であるとは限らず、より深部で同じすべり面で活動した可能性がある。そこで、断層破砕帯が直近の過去および最近数回のみの変位により生じる現象を理解するためには、最近数回のみ変位を生じた破砕帯を対象とする必要がある。そのような破砕帯として、岐阜県中津川市付知町田瀬の阿寺断層破砕帯がある。この露頭では阿寺断層は主として下盤側の第四紀砂礫層と上盤側の白亜紀花崗岩の境界として認識される．断層は露頭上部では二条に分岐しており，下側の断層面は砂礫層と花崗岩の境界，上側は花崗岩の内部に位置している．なお、上側の断層面は最上部の一部で砂礫層と接している。遠田ほか(1994)は本露頭で3回の地震イベントを認定しており，上側の断層面は最近数回のみ活動したことがすでに知られている．そこで、この上側の断層面を調査することにより、最近数回のみ変位を生じた断層破砕帯の有する特徴を明らかにすることが本研究の目的である。

この断層面において，詳細な露頭観察を行い、その上で主として断層ガウジ帯に沿って破砕帯試料を採取し，薄片観察、粉末X線回折分析と蛍光X線分析を行った．露頭観察により、上側の断層面は上側と下側の断層面の分岐点からさらに二条に分岐していることが明らかとなった。ここでは両者をそれぞれA1, A2破砕帯と呼ぶ。両者の破砕帯では最新すべり面に沿って分岐点から4 mまでは茶褐色断層ガウジ、それより先では明灰色断層ガウジが分布している。遠田ほか(1994)の炭素14年代測定結果を踏まえると、最新すべり面はA1破砕帯であると考えられる。このA1破砕帯の累積変位量は花崗岩上面の分布より2.5 mであると求められる。岩石薄片観察より、A1, A2破砕帯では周囲の風化花崗岩起源の鉱物片を取り込んでいる。粉末X線回折分析より，A1破砕帯で分岐点から1 mまではスメクタイトが認められる。また、蛍光X線分析より，Mnの濃集部がA1, A2破砕帯でそれぞれ分岐点から4 mと3 mまで分布している。

上側破砕帯の活動開始以前には下側破砕帯が活動しており、これにはスメクタイトとMnが周囲の岩石より多く含まれるとともに最新すべり面は茶褐色断層ガウジからなる。よって、上側破砕帯に含まれるスメクタイトとMn濃集部、茶褐色断層ガウジの一部は下側破砕帯から断層変位に伴って引きずられたと考えられる。一方で、A1破砕帯の累積変位量 2.5 mに対してスメクタイトの分布は分岐点から1 m、Mn濃集部と茶褐色断層ガウジの分布は4 mと一致しない。これは、A1破砕帯では薄片観察により周囲の岩石由来のフラグメントが取り込まれていることから、スメクタイトの量比の減少により粉末X線回折分析の検出限界以下となったこと、またA1破砕帯の形成後に新規のMn濃集が生じたことが考えられる。なお、A1破砕帯にフラグメントが取り込まれる理由は、極浅層で低封圧条件下であるために最新すべり面における構成粒子の細粒化ではなく、すべり面周囲でのクラック形成が卓越するためであると考えられる。

キーワード：断層破砕帯、最近の変位、阿寺断層
Keywords: fault zone, recent slips, Atera Fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

可搬型キャビティーリングダウン分光装置を用いた地表付近の極微量メタンガス濃度測定による活断層位置の特定：阿寺断層での測定事例
Identification of active fault location using real-time ground measurements of atmospheric methane concentration by portable Cavity Ring-down Spectroscopy system: Case study at the Atera fault

*下茂 道人[1]、丹羽 正和[2]、天野 健治[2]、徳永 朋祥[3]、戸野倉 賢一[3]、松岡 俊文[1]、セバスチャン ビロード[4]
*Michito Shimo[1], Masakazu Niwa[2], Kenji Amano[2], Tomochika Tokunaga[3], Kenichi Tonokura[3], Toshifumi Matsuoka[1], Sebastien Biraud[4]

1. 公益財団法人　深田地質研究所、2. 日本原子力研究開発機構、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻、4. ローレンスバークレー国立研究所
1. Fukada Geological Institute, 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. Department of Environment Systems, University of Tokyo, 4. Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

１．はじめに

断層や破砕帯は，しばしば地下深部起源のガスが地表に達する移動経路となることから，地表における微量なガス徴をとらえることにより，断層の分布や活動性に関する有用な情報が得られる場合があると期待される．近年，ガス分析技術の革新的な進展は目覚ましく，キャビティーリングダウン分光法（以下，CRDS法）を用いたメタンガス分析装置は，数ppbの計測分解能で0～5000 ppmというダイナミックレンジと1秒以下の時間分解能を達成している．CRDS法は，キャビティ（測定容器）の中にレーザー光を注入し，一対の高反射率ミラー間を多数回反射させた時にミラーから漏れ出す光の強度を測定し，その減衰率からキャビティー内のガス濃度を求めるもので，O’keefe ら（1988, Review of Scientific Instruments, 59, 2544）により発明された技術である．現在では，原位置測定に用いるためのバックパック式の可搬型測定装置が開発されている．本研究では，CRDS法による活断層調査への適用性について検討するため，岐阜県東部の阿寺断層地域を対象とした極微量メタンガス濃度測定を実施した．

２．測定概要

阿寺断層において，2台の可搬型測定装置（G4301およびG4302：米国Picarro社製）を用いて地表でのガス濃度測定を行った．両装置ともメタンガス濃度を3 ppbの精度で測定可能で，応答時間は1秒以下である．測定データはWi-Fiで無線接続されたタブレット上でリアルタイムに確認できる．

メタンガス測定は，中津川市田瀬の断層露頭および，同市付知町倉屋の阿寺断層崖周辺の2か所において実施した．露頭での測定の際は，円筒状のガス採取容器を地表に設置し内部のガスを吸引することにより，断層から放出されるメタンガスの濃度を測定した．一方，断層崖周辺では，車中に設置した2台の装置の各々の吸気チューブの先端を車外に出し，大気を吸引しながら低速（数km/h～30 km/h）で走行し，道路沿いの微量メタンガス濃度を連続測定した．一台の装置（G4302）にはGPSアンテナを取り付け，位置データを併せて取得した．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

３．測定結果

露頭での測定により，20～30 ppmのメタンガスの放出が確認された．メタンガスは断層面沿いの断層ガウジの直上でのみ確認され，断層面から1m程度以上離れた場所では確認されなかった．すなわち，地中からのガス放出経路が断層面の極近傍に限られていることが明らかになった．一方，断層崖周辺での測定では，道路と断層崖が交差する互いに約1 km離れた2つの地点のみにおいて，メタンガスの明瞭なアノマリ（1.95～2.05 ppm）が確認された．測定地域のメタンガス濃度のバックグラウンドは1.85～1.88 ppm程度であり，約0.1ppm（100ppb）の濃度差は，装置の測定精度3 ppbと比較して明らかに有意な応答である．このアノマリは，それぞれの地点で断層崖をまたいで車で複数回通過する度に確認され，再現性のある結果であることが分かった．また，2台の装置とも同じ時刻で同様な測定結果が得られたことから，装置に起因するノイズではないことが確認された．

４．まとめ

阿寺断層露頭での測定により，断層面の極近傍からメタンガスが放出されていることが確認された．なお，黒澤ほか（2010, JAEA-Data/Code 2010-036）によっても阿寺断層におけるメタンガスの原位置測定が実施されており，場所によっては100 ppmを超える濃度も確認されている．一方，断層崖付近では，バックグラウンドと比較して0.1 ppm程度の濃度上昇が確認されたことから，大気により約1/1000程度に希釈されていると考えられる．このようなごく微量のメタンガス濃度の変化は，従来技術で捉えることは困難であり，CRDS法を用いた測定技術により初めて可能となった．今回用いたCRDS技術は，可搬型でかつリアルタイムでの測定が可能であるため，地表におけるガス濃度分布やその時間変化を容易に把握できる．今後，他の断層でもデータを蓄積することにより，測定結果の信頼性などの検証が必要であるが，今回の測定によりCRDS方式による微量ガスの測定技術が，地下流体の移動経路となっている活断層の分布を知る有用なアプローチの一つとなる可能性が示された．

本報告は，公益財団法人深田地質研究所の研究事業の一環として活動している「高精度微量ガス測定技術を用いた各種探査に関する研究委員会，委員長：徳永朋祥東京大学教授」の平成30年度成果の一部であり，委員の方々に謝意を表する．

キーワード：メタン、活断層、ガス移動、キャビティリングダウン分光法、調査、濃度測定
Keywords: Methane, Active fault, Gas Migration, Cavity Ring-Down Spectroscopy, Exploration, Concentration Measurement

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

岐阜県西部白川断層沿いで新たに発見した活断層の地形学的証拠
Geomorphological evudence of a newly found active fault along the Shirakawa fault in western part Gifu Prefecture

*郡谷 順英[1]、小俣 雅志[1]、横田 浩[1]
*Yorihide Kohriya[1], Masashi Omata[1], Hiroshi Yokota[1]

1. 株式会社パスコ
1. PASCO CORPORATION

1.はじめに

近年，航空機を用いたレーザ計測（LP）の進展により詳細な地形DEMが作成され，様々な微地形が表現できるようになった．2008年岩手・宮城内陸地震の地表地震断層については0.5mメッシュDEMにより国見山南麓に出現した断層トレースを詳細に表現した（丸山ほか2011）．山間地における断層トレースは植生の影響から写真からでは検出が難しく，LPによるDEMが有用な手法となっている．

本報告では岐阜県庄川村の庄川沿いに取得したLPデータを基に1mDEMを作成したところ，庄川断層帯白川断層の副断層として活動した可能性がある断層変位地形を新たに確認した．

使用したLPデータは，北陸地方整備局 神通川水系砂防事務所において2016年に取得したものである．なお，LP計測と同時に撮影した写真からでは植生の影響によりこれらの地形を認識することは困難である．

2.断層変位地形の性状

調査地域の西側に位置する庄川沿いの木谷地区では白川断層のトレンチ調査が実施されている（杉山ほか1993）．木谷地区におけるトレンチ調査からは2,500y.B.P.以降に少なくとも1回の古地震イベントが確認されている．しかしながら，最新活動時期や繰り返し間隔は不明確なところが多い．

新たに発見した断層地形は岐阜県庄川村木谷東方に位置する庄川支流の野々俣谷右岸斜面で，地形の連続は長さ約1.3kmに達する．断層変位地形は西傾斜の山腹斜面に緩傾斜～逆向き崖が線状に確認された．鉛直成分は白川断層と同様に西側隆起で，地形断面から10～20m程度の隆起量が確認できる．断層変位地形を挟んで尾根に不明瞭ながらも左横ずれを読み取れる．

さらに断層地形の北側延長において山腹斜面頂部となる尾根に200m程度の左横ずれが認められ，この断層は繰り返し活動があるものと推定される．

断層地形の南部にはトレンチ調査に適した明瞭な逆向き崖や比較的広い緩傾斜面が分布している．

この地点は白川断層の主断層トレースとは異なり，河川運搬による粗粒堆積物の堆積がなく，削剥による地層の欠損が少ないことが想定され，白川断層の最新時期を特定できることが期待される．

【参考文献】

丸山 正・遠田晋次・吉見雅行・安藤亮輔・高田陽一郎・斎藤英二・林 舟・小俣雅志（2011）2008年岩手・宮城内陸地震に伴い岩手県奥州市国見山南麓に出現した地震断層北端部の性状．活断層研究, 34, 1-12.

杉山雄一・粟田泰夫・佃 栄吉（1993）1990年御母衣断層系・白川断層（木谷地区）トレンチ調査．活断層研究, 11, 65-70.

キーワード：白川断層、断層地形、DEM
Keywords: Shirakawa Fault, fault topography, Digital elevation model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

福井県北部、丹生山地周辺の活断層
Active faults around the Niu Mountains, northern part of Fukui Prefecture, Japan

*田力 正好[1]、中田 高[2]、堤 浩之[3]、後藤 秀昭[2]
*Masayoshi Tajikara[1], Takashi Nakata[2], Hiroyuki Tsutsumi[3], Hideaki Goto[2]

1. 公益財団法人　地震予知総合研究振興会、2. 広島大学、3. 同志社大学
1. Association for the Development of Earthquake Prediction, 2. Hiroshima University, 3. Doshisha University

丹生山地は福井県北部に位置する標高600m程度以下の中～低山性の山地で、西は日本海に面し、東は福井平野に接する。丹生山地西方の日本海沿岸海底には、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯が分布する（地震調査研究推進本部，2004；杉山ほか，2013）。丹生山地西部の日本海沿岸には海成段丘が発達し、北部ではそれらの海成段丘面を変位させる鮎川断層群が発達する。丹生山地の東部には、更毛断層、朝日断層、蝉口断層、鯖江断層、小曽原断層などの活断層が認定されている（活断層研究会編，1991など）が、それらの断層変位地形についての詳細な記載はなされていない。今回、空中写真および国土地理院5-10mDEM立体視画像の詳細な判読を行った結果、既報の活断層とは一部異なる位置形状が得られたので、その分布と断層変位地形について報告する。また、これらの活断層のテクトニックな意義について若干の考察を行う。

・鮎川断層群

丹生山地北部西縁海岸沿いの段丘面上に分布し、その多くは段丘面を逆向きに変位させている。長さ1km程度の短い断層トレース群からなる（太田，1973など）。今回の調査の結果、既報のトレース以外に数条の断層トレースが新たに認定された。

・更毛断層

更毛断層は、福井市下市町付近から西別所町付近へ至る、全体で長さ11.5kmほどの東北東－西南西方向に延びる活断層である（今泉ほか編，2018）。今回の調査の結果、西部で雁行する数条の断層トレースが新たに認定された。更毛より西方では数条の雁行する長さ3km程度の短い断層群からなるが、東方では1条のトレースとなる。断層トレースを横切る多くの河谷が右屈曲しており、断層の右横ずれ変位が推定される。また、本断層は丹生山地と南東の低地・丘陵地の境界に位置し、その境界が南向きの急崖をなしていること、急崖の北側斜面は比較的緩勾配であり、分水界沿いに風隙地形が多数発達することから、大局的にみて北西上がりの変位を持つと推定される。ただし、西部の平尾付近の2条のトレースは、志津川沿いの中位段丘面を逆向き（南上がり）に変位させており、副次的な断層と考えられる。

・朝日・蝉口断層

朝日・蝉口断層は既報（活断層研究会編，1991）では朝日断層、蝉口断層と別々の断層として記載されていたものであるが、今回の調査の結果、一連のトレースからなると判断されたため、一括して朝日・蝉口断層とした。本断層はほぼ南北走向、福井市御油付近から越前市小野町付近へと至る、長さ16kmほどの活断層である。断層変位地形は断層中央付近の越前町朝日～蝉口間で明瞭で、閉塞凹地状の小盆地、風隙、段丘面の撓曲変形、丘陵高度の不連続が認められる。中でも佐々生・蝉口付近の小盆地内の低位段丘面の撓曲崖は明瞭で、段丘面を西上がりに変位させていることは確実である。また、明瞭さでは劣るが、朝日付近の中位段丘面の撓曲変形は低位段丘よりも大きく、変位の累積性が認められる。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

・鯖江断層

鯖江断層は、福井市浅水町から鯖江市船津町へと至る、長さ約9kmのほぼ南北走向の断層である（見野，1986など）。今回の調査の結果は概ね既報と一致しているが、北端部と南端部で丘陵地の西縁が直線的な形態を示す区間を1kmほど延長した。人工改変が激しくやや不明瞭ではあるが、段丘面の東縁沿いに東向きの撓曲崖が発達することから、断層の西上がり変位が推定される。

・小曽原断層

小曽原断層は、越前町小曽原付近に発達する、北東－南西走向、長さ3km弱の活断層である。今回の調査の結果は既報（今泉ほか編，2018）と概ね一致する。小曽原付近の小盆地内にその南東縁が非常に直線的な高まりが北西流する小河川を堰き止めるように発達することから、断層の北西上がり変位が推定される。

テクトニックな意義

鮎川断層群は、北西海岸沿いの海底活断層（柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部）に非常に近接し、長さ1km程度の短い断層群であることから、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の一部をなす副断層と考えられる。更毛断層、小曽原断層、朝日・蝉口断層はいずれも（北）西上がり変位を持つことから、（北）西傾斜を持つと考えられる。これらの断層と柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部との距離は6-16kmほどであり、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部が東傾斜とされている（地震調査研究推進本部，2004）ことから、両者は地下で収斂している可能性がある。断層深部の傾斜角が不明であるため明確ではないが、反射法探査などにより断層の傾斜角を明らかにし、これらの断層の関係を明らかにすることが望まれる。鯖江断層も西上がり変位を持つことから、西傾斜の断層と考えられるが、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯とは20km程度離れており、独立のものと考えられる。

本研究は地震調査研究推進本部の支援事業の一部として文部科学省からの委託によって実施された。

キーワード：丹生山地、活断層、更毛断層、蝉口断層、朝日断層
Keywords: Niu Mountains, active fault, Sarage fault, Semiguchi fault, Asahi fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

濃尾地震の被害から検証する岐阜一一宮線
Gifu-Ichinomiya Fault shown from the characteristics of the damage of the Nobi earthquake

*松多 信尚[1,2]、木股 文昭[2]
*Nobuhisa Matsuta[1,2], Fumiaki KIMATA[2]

1. 岡山大学大学院教育学研究科、2. 東濃地震科学研究所
1. Okayama University Graduate School of Education, 2. Tono Research Institute of Earthquake Science

地震時に出現する地表地震断層の断層運動が建物被害に与える影響は未だに十分に解明されたとは言えない．2016年熊本地震でにおいて周期3秒の大きな揺れ幅を持つパルス状の地震動が観測され、建物に被害が生じた。鈴木ほか（2018)は，益城町において地表地震断層から 120m 以内の範囲に 全壊家屋の 94%が集中し，その範囲内においても断層に近づくほど被害率が上昇しているとし，地表地震断層 に沿って極めて強い震動が発生し，局所的に激しい建物倒壊を招いたとしている．このような現象は地表地震断層全域でみられるわけではないことから，断層浅部での被害につながる地震動の原因を究明することは包括的な新たな強振動モデルを作るうえで重要だと思われる．

過去に発生した地震において地表地震断層が出現した地震で家屋に対して多くの犠牲者が出る。三河地震や北丹後地震などで犠牲者数と全壊家屋数の比をとると、地表地震断層のごく近傍では一軒当たり複数の犠牲者が出る家屋が集中するという特徴がある。その理由は不明であるが、地表地震断層極近傍において被害を拡大させる自然現象が存在することが示唆される。

このことは、観測記録のない歴史地震の被害の特徴を分析することで、自然現象としての地震を評価できる可能性を示しており、犠牲者数と全壊家屋数の比が地表地震断層の出現を判断する指標となると考えた。

濃尾地震は1891年10月28日6時38分に発生した地震で、震源は岐阜県本巣郡西根尾村（現在の本巣市）付近とされるマグニチュ ード8.0の地震である．この地震により北北西一南南東走向に約76kmにわたり，根尾谷断層，梅原断層，温水断層などで地表地震断層が出現した．この地震は被害の集中域は根尾谷断層から梅原断層にかけての断層沿いのほか、平野部に3列確認することができ、その中でも、地震前後の水準測量の改測結果から１ｍ余りの緩やかな地殻変動（東側0.7mの隆起、西側0.3mの沈降）が認められた岐阜一一宮線は地表地震断層が出現した可能性を指摘されている。しかし、その有無は多くの地下構造調査を経ても結論が出ていない。

そこで、岐阜県岐阜測候所（1892）および愛知県警察部（1892）のデータの市町村データをもとに全壊家屋数と全戸数の比および犠牲者数と全壊家屋数の比をもとに濃尾平野内の地表地震断層の有無について検討した。

その結果、全壊家屋数の全戸数の比である倒壊率は根尾谷断層沿いで大きな値を示すこと、本巣から安八の揖斐川・長良川に沿った地域、羽島市から笠松にかけての地域、木曽川左岸の岐南市付近などで100%の倒壊率を示す。推定される岐阜一一宮線付近では値は高いものの、それを境に倒壊率が下がる。また、梅原断層の出現した地域では周辺と比較して倒壊率が高いことが確認できる。それに対して、犬山市、江南市、小牧市などでは倒壊率は低く、東側に急激に被害が小さくなる。

全壊家屋数と犠牲者数の比では、その値が大きい地域は根尾谷断層周辺と、縁辺部である。また岐阜から一宮にかけての区間も比較的高い地域となり、全壊率で高い値だった西側の地域の値はそれほど高くはない。た

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

だし、被害地域の縁辺部ではその値が高い地域がみられる。これは全壊家屋数も犠牲者も少なく、たまたま1－2人が犠牲になったため高い値を示している。また、火災が発生した地域ではこの値は大きくなるが、岐阜一一宮線に沿った被害をすべて火災で説明することには無理がある。

これらの結果から、岐阜一一宮線に沿って地表地震断層を伴う地殻変動があった可能性が高いといえる。

キーワード：濃尾地震、岐阜一一宮線、地表地震断層、全壊家屋、犠牲者
Keywords: Nobi earthquake, Gifu-Ichinomiya line, surface rupture, completely destroyed house, victim

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

郷村断層帯における地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明

Electrical resistivity structure from the surface to the seismogenic zone below the Gomura fault zone, Kyoto, Southwest Japan

*山口 覚[1]、三村 明[1]、福江 一輝[1]、加藤 茂弘[2]、村上 英記[3]、上嶋 誠[4]
*Satoru Yamaguchi[1], Akira Mimura[1], Kazuki Fukue[1], Shigehiro Katoh[2], Hideki Murakami[3], Makoto Uyeshima[4]

1. 大阪市立大学大学院理学研究科、2. 兵庫県立人と自然の博物館、3. 高知大学 教育研究部 自然科学系 理工学部門、4. 東京大学地震研究所
1. Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, 2. The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, 3. Science and Technology Unit, Research and Education Faculty, Kochi University, 4. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

はじめに

活断層の性状・活動性を明らかにするためには，これらの地表形状のみならず地下構造を明らかにすることも重要である．そのための地球物理学的手法の一つに地磁気地電流法（Magnetotelluric method；MT法）がある．これは，活断層直下および近傍で見いだされる特徴的な比抵抗構造に注目し，それらから断層の地下構造を求める手法であり，これまでにも，多くの断層系に対して広帯域MT法（Wideband MT method；WBMT法）を用いた調査が行われてきた（例えば，Yoshimura et al., 2009）．しかし，この手法では，信号として用いる電磁場変動の周波数帯は広いものの，比較的低い周波数帯域の信号を用いているので深部までの探査が可能であるものの，浅部の空間分解能が悪いとの弱点がある．

活断層を対象として，地形学・地質学的手法を用いた研究が精力的に行われてきており，数多くの成果が挙げられている．これらの成果と地下比抵抗構造の成果を有機的につなげるためには，地下浅部（地表～深さ数km程度）の構造が重要であり，このような深度に対して，地形学・地質学的手法による成果との対比可能な空間分解能を持つMT手法としてAudio-frequency MT法（AMT法）がある．

本研究では，活断層の地下浅部から深部までの連続的な構造（特に浅部では高解像度の構造）の解明を目的とし，京都府の丹後半島に位置する郷村断層帯においてAMT法調査とWBMT法調査の両方を同一測線上で行い，地表から震源域にいたるまでの比抵抗構造の解明を行った．

郷村断層帯は京都府の丹後半島に位置する活断層帯で，陸上部は郷西方断層，郷村断層，仲禅寺断層の3つの断層で構成される．郷西方断層は断層長が2.8kmと非常に短く，横ずれ変位を示す地形も不明瞭である．郷村断層では1927年の北丹後地震の際に左横ずれを主とする顕著な地表地震断層が生じた．一方，仲禅寺断層では明瞭な河谷の左横ずれ屈曲が認められるものの，北丹後地震の際には活動しなかった．このように郷村断層帯では断層長，平均変位速度，最新活動時期など断層運動の特性が異なる断層が数km以内に近接し，並行して存在している．さらに郷村断層帯周辺は，ほとんどが花崗岩の岩盤からなり地質構造は一様で単純であるため，断層の地下構造と断層の特性を比較するのに好適である．

観　測

郷村断層帯周辺では2013年，2016年にAMT法調査が行われている（山口ほか，2016；三村ほか，2017）．本研究ではこれら調査測線と同じ測線上において．WBMT法調査ではおよそ等間隔になるように7点の観測点を，AMT法調査では過去の観測点を補間するように2点の観測点を配置した．AMT法調査の観測点数は先行研究と合わせ合計27点である．

解　析

AMT法，WBMT法調査のデータ解析は，ともにRemote reference法（Gamble et al., 1978）に基づいてMT応答関数を算出した．両調査において周波数選択を行ったのち次元の判定を行い，AMT法調査では2次元の，WBMT法調査では3次元のモデル計算を行った．AMT法，WBMT法調査のモデル計算にはそれぞれOgawa and Uchida (1996)，WSINV3DMT (Siripunvaraporn et al., 2005) のインバージョンコードを使用した．

AMT法，WBMT法調査の解析の結果得られたモデルをそれぞれ浅部モデル，深部モデルと呼ぶ．な

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

お，WBMT法調査の解析では3次元のモデル計算を行ったが，観測点は一本の直線上にしか配置していないため，測線に沿った鉛直断面についてのみ議論する．

結果と考察

郷村断層の直下には，浅部と深部の両方に低比抵抗領域が存在する．これらの領域は断層運動によって生じた空隙に流体が浸入したことによって生じた領域であると考えられる．それぞれの領域は中深度（深さ2～5km程度）では連続していないことから浅部の低比抵抗領域は地表付近の地下水が浸入したことによって，また，深部の低比抵抗領域は深部から流体が上昇してきたことによって生じたと解釈した．

郷村断層の断層面は郷村断層の地表位置，浅部の低比抵抗領域，深部の低比抵抗領域および1927年の北丹後地震の震源位置を通ると判断して断層面を推定した．この断層面は震源が集中している領域を通っており，震源分布とも整合的である．

キーワード：郷村断層、電気伝導度、活断層、地磁気地電流法
Keywords: Gomura fault, Electrical conductivity, active fault, Magnetotellurics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

徳島平野北縁断層の浅部Ｓ波反射法データの再解析および再解釈
Re-analysis and re-interpretation of the very shallow land seismic reflection survey data across the Naruto-South fault, north side of Tokushima Plain.

*小林 貴幸[1]、信岡 大[2]、稲崎 富士[1]
*Kobayashi Takayuki[1], Dai Nobuoka[2], Tomio Inazaki[1]

1. 土木研究所、2. 応用地質株式会社
1. Public Works Research Institute Japan, 2. OYO Corporation

活断層評価を精度よく実施することは、地震災害の長期予測や被害予測を行う上で非常に重要である。活断層評価を精度よく実施するためには、活断層の位置や状態、活動歴をより正確に把握することは重要であり、様々な調査が複合的に行われる。一般的に活断層調査では、ボーリング調査やトレンチ調査等も行われるが、これらの調査結果は一次元的であったり、または調査範囲が極浅層部に限られたりと活断層評価を広く精度よく実施するには十分とは言い難い。一方、浅層反射法地震探査は、地下の状態を非破壊で連続的に捉えることができるため、有用な手法な一つとなっている。筆者らは、徳島県に分布する鳴門南断層を対象とし1998年に取得されたＳ波浅層反射法データについて再解析および再解釈を行った。なお、再解析に使用したデータは、測線長100ｍ、受振点間隔0.5m、起振点間隔1.0mであり、振動源にはＳ波ポータブルバイブレーターを用いた。本発表では、これらの再解析および再解釈によって得られた、鳴門南断層の活動歴を紹介する。再解析では、当時得られたデータを使用し、現在のコンピュータ技術を使うことにより、深度50ｍまでの従来に比べてより詳細な地下構造を得ることができた。また従来の解析結果に比べ断層位置をより鮮明に捉えることができ、断層位置を詳しく特定することができた。断層の上端はおよそ15ｍであり、測定深度下部までおよそ70度のみかけ傾斜で分布する構造が得られた。また、断層周辺の撓曲などといった地質構造なども捉えられ、より詳細な地質構造を得ることができた。その後に実施されたボーリング試料分析などの結果を用いて再解釈を行い、活断層の活動履歴を明らかにすることができた。再解釈結果より、鳴門南断層は、現在までに大きな変動を３回起こしていると推定できる。また、最大変位量は、およそ14.4ｍで、変位速度は年間当たり1.77mmと推定される。本研究は「平成9年度文部科学省研究費補助金（基盤研究（１）（Ａ））〔内陸活断層の地震危険度評価〕（課題番号：07308035）」の一部を使用した。

キーワード：活断層、反射法地震探査
Keywords: Active fault, seismic reflection survey

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

南海地震の災害記録を海底地形・海底面調査から掘り起こす：高知県須崎市野見湾を例に

Bathymetric mapping and seafloor imaging for finding historical records of Nankai earthquakes at Nomi bay in Susaki city, Kochi Prefecture, Japan

*谷川 亘[1]、村山 雅史[2]、徳山 英一[3]、田中 幸記[4]、井尻 暁[1]、星野 辰彦[1]、廣瀬 丈洋[1]、北田 数也[5]、富士原 敏也[5]
*Wataru Tanikawa[1], Masafumi MURAYAMA[2], Hidekazu Tokuyama[3], Kouki Tanaka[4], Akira Ijiri[1], Tatsuhiko Hoshino[1], Takehiro Hirose[1], Kazuya Kitada[5], Toshiya Fujiwara[5]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構高知コア研究所、2. 高知大学　農林海洋科学部、3. 高知大学　海洋コア総合研究センター、4. 高知大学、5. 国立研究開発法人海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Kochi Instutute for Core Sample Research, 2. Kochi Univerisity, Faculty of Agriculture and Marine Science, 3. Kochi Univerisity, Center for Advanced Marine Core Research , 4. Kochi Univerisity, 5. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

高知県須崎市野見湾沿岸地域では、「黒田郡」もしくは「野見千軒」「大谷千軒」と呼ばれる白鳳地震（684年）によって沈んだ集落の伝承が残されている。また、野見湾海底において井戸の目撃情報が時々報告されている。しかし、井戸や沈んだ集落の痕跡となる正確な記録や科学的な調査がほとんど実施されていない。そこで本研究では、井戸の目撃情報がある須崎市戸島北東部と大谷地区南部の海底を対象に人工物の痕跡調査を実施した。

本調査は高知大学の実習調査船「ネプチューン」により、サイドスキャンソナーを用いた海底地形調査と海底表層イメージ調査、サブボトム・プロファイラを用いた海底下構造調査、および360°水中カメラを用いた海底観察を実施した。

海底地形調査の結果、戸島北東部に戸島の陸上地形を延長する形で200m×300mほどの平坦な台地地形が認められた。さらに海底台地は水深10m付近で広がっており、辺縁部から急激に水深が深くなることがわかった。重力式コアラーにより採取した海底表層試料と水中カメラ画像の観察結果から、台地は固い砂質堆積物と円礫が散在していた。一方、台地から外れた水深が深い地点では軟泥が厚く堆積していることがわかった。サブボトム・プロファイラ調査では海底下に埋没している人工物は認められなかった。サイドスキャンのモザイク図で認められた特異な画像パターンについて、潜水調査により海底表層環境を目視確認した。その結果、一部の特異な画像バターンは人工物（たこつぼ・ビニルシート）であることが確認できた。しかし、モザイク図、水中カメラ映像、サブボトム画像のいずれのデータにおいても井戸は確認できなかった。
海底の台地地形は旧海食台の可能性を示唆しており、下村（1980）は白鳳地震時の沈降によるものだと結論づけている。一方、井戸の目撃情報がある地点付近では、円礫が円環状に並べられた構造が確認できた。そのため、井戸と伝えられていたものはこの円礫群であった可能性がある。今後、海底台地表層の堆積物の年代分析などから、地震性沈降履歴を明らかにしていきたい。また、本発表では2019年3月に実施する浦ノ内湾の調査結果の速報も報告する。

キーワード：地震性沈降、黒田郡、海食台、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラー
Keywords: coseismic subsidence, Kuroda-gori, submarine plateaus, side scan sonnar , sub-bottom profiling

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

安乗口海底谷における南海トラフ周辺海底活断層の変動地形学的・古地震学的調査－有孔虫分析と放射性炭素年代測定－
Tectonic geomorphological and paleoseismological study in the Anoriguchi Canyon: Foraminiferal analysis and ^{14}C dating

*杉戸 信彦[1]、岩井 雅夫[2]、若木 仁美[2]、松井 浩紀[2]、鈴木 康弘[3]
*Nobuhiko Sugito[1], Masao Iwai[2], Hitomi Wakaki-Uchimura[2], Hiroki Matsui[2], Yasuhiro Suzuki[3]

1. 法政大学人間環境学部、2. 高知大学海洋コア総合研究センター、3. 名古屋大学減災連携研究センター
1. Faculty of Sustainability Studies, Hosei University, 2. Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University, 3. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

南海トラフの海溝軸～陸棚斜面付近には海底活断層が多数分布している．これらの海底活断層の位置形状や活動履歴は，南海トラフにおける歴史地震の発生源の解明や地震発生予測において重要な意義を有すると考えられる．発表者らはこうした観点から，変動地形学的・古地震学的手法を用いて海底活断層の位置形状や活動履歴を解明するフィージビリティ調査を，2016年度より安乗口海底谷を対象として実施してきた（杉戸ほか，2018）．

今回，安乗口海底谷にて採取されたCORE 03（コア長1.2 m）から1 cm単位で採取した31試料（泥層）について，堆積物の移動評価のための底生有孔虫群集概査分析，放射性炭素年代測定に向けた浮遊性有孔虫分析を実施した．有孔虫は0.18–0.25 mm径の個体と0.25 mm径以上の個体に分けて抽出した．年代測定では浮遊性有孔虫を必要重量確保するため，0.18 mm径以上の個体，および近隣層準をまとめ，7点の試料を得た．なお，浮遊性有孔虫の主要種は，*Neogloboquadrina dutertrei*，*Globigerina bulloides*，*Globigerinoides ruber*（表層：水深0–100 m），*Globorotalia inflata*（亜表層：100–200 m）であり（不整合面より下位においては*G. bulloides*の割合が減少し*Neogloboquadrina incompta*（表層）が増加する傾向），海洋表層環境を示唆している．

年代測定の結果，CORE 03の深度0.81 mに認められる不整合面について，その形成時期が，不整合面より上位の地層の堆積速度（6点の年代値に基づく）との関係から，約10,030 cal BPと推定された．不整合面の下位からは32,140 ±140 yr BPの年代値が得られた．

不整合面より下位の層準に含まれる有孔虫は着色個体が多く，再堆積の可能性が考えられる．底生有孔虫群集概査分析では，不整合面の下位において浅海性の底生有孔虫（*Ammonia* sp.など）が少量ながら見出され，浅海性堆積物が移動して来やすい環境にあったと推定される．これらの観察事実および解釈は，上記の年代値から推定される海水準および堆積環境と調和的である．

海底谷中には，北側隆起・比高約10 mの断層変位地形が認められ，この不整合面の形成後に発達した可能性が指摘されている（杉戸ほか，2018）．その場合，この海底活断層は約1万年前以降，1回あるいは複数回の活動によって上下方向に約10 m変位したと見積もられる．海溝軸と比べて陸域に近く，発生した津波はわずかな時間で沿岸に到達したと推定される．なお，この海底活断層は地形学的にみて上下変位のみではなく右横ずれ変位を起こしており，実変位量の推定には，横ずれ量，また断層面の傾斜を解明する必要がある．

このように，詳細な海底地形データによって海底活断層の位置形状が詳しく把握され，かつ試料の取得・分析によって活動履歴が具体的に推定される．歴史地震の発生源の解明や地震発生予測に関し，変動地形学的・古地震学的手法を用いた調査の有効性が例証された．

＜謝辞＞
コア分析・保管は高知大学海洋コア総合研究センターにて行い（共同利用・共同研究採択課題16B070・17A030・17B030・18A027・18B025），松崎琢也氏をはじめスタッフ一同にお世話になった．放射性炭素年代測定は株式会社加速器分析研究所にご実施いただいた．後藤秀昭氏（広島大学）からは本予稿に関し有益なコメントを頂戴した．本研究はMEXT「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」およびJSPS科研費（15H02959）の支援を受けた．以上，記して感謝申し上げます．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

＜文献＞
杉戸ほか，2018，日本地質学会第125年学術大会（つくば特別大会），R8-P-7.

キーワード：海底活断層、マルチビーム音響測深、ピストンコアリング、有孔虫群集、断層変位地形、南海トラフ
Keywords: Submarine active fault, Multi-beam echo sounding, Piston coring, Foraminiferal assemblage, Fault-related landform, Nankai Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇カルデラ外輪山北西部，的石牧場Ｉ断層周辺の浅部地下構造調査
Subsurface survey around the Matoishi-bokujo 1 Fault in the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan

*中埜 貴元[1]、宇根 寛[1]、佐藤 浩[2]、小村 慶太朗[3]
*Takayuki Nakano[1], Hiroshi Une[1], Hiroshi, P. Sato[2], Keitaro Komura[3]

1. 国土交通省国土地理院、2. 日本大学、3. 電力中央研究所
1. GSI of Japan, 2. Nihon Univ., 3. CRIEPI

１．はじめに

平成28年（2016年）熊本地震（Mj 7.3）では，阿蘇外輪山北西部において多数の線状の地表変位が干渉SARにより検出され（Fujiwara et al., 2016），本震に伴って副次的に変位したと考えられる．その多くは既知の活断層に沿って現れ，そのうちの的石牧場Ｉ断層においてそのメカニズム解明に向けた詳細な地形・地質調査を実施している（宇根ほか，2018；Nakano et al., 2018など）．本発表では，的石牧場Ｉ断層周辺の地形発達史を明らかにするために実施した地形・地質調査及びGPR（Ground Penetrating Radar）による浅部地下構造探査結果を報告する．

２．結果と考察

的石牧場Ｉ断層の断層崖脚部で実施したトレンチ調査により，深いところではGL-3.5m（標高約917.4m），浅いところではGL-0.3m（標高約921.6m）付近でAso-4火砕流堆積物（89ka）とみられる白色の火山砕屑物が確認されている（宇根ほか，2018）．また，周辺の地形・地質調査により，断層北側の渓床（標高約917.8m）や断層南側の丘陵地内のガリ床（標高約935.0m）でもAso-4火砕流堆積物とみられる白色火山砕屑物が確認できた．さらにサイト東方においては，この地域の代表的な堆積構造を示すと考えられる露頭を確認し，Aso-4火砕流堆積物の上位には複数枚のテフラ層を挟む黒ボク及びローム層が厚さ5m程度堆積していた．的石牧場Ｉ断層を横断する測線で実施したGPR探査（Sensors & Software社製Noggin Plus，アンテナ中心周波数250MHz）では，断層の南側（正断層の上盤側）のGL-2～-4m（標高約915～917m）付近に明瞭なエコーがみられたが，これはこれまでのトレンチ調査や断層南側の水路での地質調査から，地表下の黒ボク層の下位に存在するローム層の上面またはそれを覆う河床礫層を捉えたものと考えられる．断層の北側（正断層の下盤側）ではGL-1～-1.5m（標高約930.5～931m）以深でレーダ波のエコーが急激に減衰しており，上位層よりも比誘電率が大きい地層の存在が示唆されるとともに，GL-4～-5m（標高約927～928m）付近に弱いエコーがみられ，その連続性からAso-4火砕流堆積物の上面を捉えた可能性がある．これらの結果を考慮すると，Aso-4火砕流堆積物上面の形状は概ね現地形に類似しているが，断層南側ではGL-5m以深に，断層北側ではGL-4～-5m付近に存在し，断層を挟むその比高差は約13m以上と推定され，これが約9万年間の的石牧場Ｉ断層の見かけ鉛直変位量と考えられる．

３．まとめと課題

熊本地震に伴い副次的に変位した的石牧場Ｉ断層周辺において，地形・地質調査及び浅部地下構造調査を実施した結果，地下浅部構造の推定とAso-4火砕流堆積面の見かけ変位量を推定できた．今後はパーカッションボーリングの結果も参照し，GPR探査結果をより詳細に分析・解釈する予定である．

謝辞：本研究で使用したGPR探査装置は，名古屋大学の鈴木康弘教授よりお借りしました．本研究の一部は，JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の助成を受けたものです．ここに記して感謝申し上げます．

引用文献：

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Fujiwara et al. (2016): Small displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry. Earth, Planets and Space, 68:160.

Nakano et al. (2018): Geomorphological and geological characteristics of triggered surface faults associated with 2016 Kumamoto Earthquake sequence around the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan, AGU Fall Meeting 2018.

宇根ほか（2018）：阿蘇外輪山北西部・的石牧場Ｉ断層の活動履歴．日本活断層学会2018年度秋季学術大会．

キーワード：的石牧場Ｉ断層、GPR探査、地形・地質調査、トレンチ調査、2016年熊本地震
Keywords: Matoishi-bokujo 1 Fault, GPR survey, topographical and geological investigation, trenching survey, the 2016 Kumamoto Earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

阿蘇外輪山北西部の「お付き合い断層」の掘削調査結果と地形変位からみた活動履歴

Past activity of 'triggered fault' in the northwest of outer rim of Aso caldera estimated from the results of excurvation survey and displacement topography

*宇根 寛[1]、中埜 貴元[1]、佐藤 浩[2]、八木 浩司[3]、小村 慶太朗[4]
*Hiroshi Une[1], Takayuki Nakano[1], Hiroshi, P. Sato[2], Hiroshi YAGI[3], Keitaro Komura[4]

1. 国土地理院、2. 日本大学、3. 山形大学、4. 電力中央研究所
1. Geospatial Information Authority of Japan, 2. Nihon University, 3. Yamagata University, 4. Central Research Institute of Electric Power Industry

阿蘇外輪山北西部の平成28年熊本地震に伴う「お付き合い断層」のうち，既存の変位地形が明瞭で，SARで明瞭な位相不連続が現れ，現地でも地表変位が確認された的石牧場Ｉ断層（鈴木ほか2017）について，ピット調査，地中レーダ(GPR)探査，簡易ボーリング調査などの地形地質的調査を実施し，活動履歴について考察した。ピット調査では，断層崖基部を最大深さ4m程度掘削し，壁面の観察を行った。壁面基部には白色のAso-4火砕流堆積物が現れ，その直上をピット谷側においては中砂や円礫の小礫からなる河成堆積物や亜角礫からなる土石流性の堆積物が覆い、ピット山側においては角礫を伴う茶褐色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。それらの上位を角礫を伴い，あるいは角礫に乏しい黒色の砂泥質の斜面性堆積物が覆っている。これらの地層の変位や礫の回転などを伴う少なくとも２条の断層が現れた。この周辺にはAso-4火砕流の堆積面とされる小起伏の地形が拡がっており，地表下数mの比較的浅い位置にAso-4火砕流堆積物が観察されることから，壁面基部のAso-4上面は火砕流到来時（約9万年前）の堆積面の不整合面を示していると考えられる。ピット調査や簡易ボーリング調査から，白色層上面は南から北に断層崖に向かって緩やかに高度を下げ，断層崖で約10m高度を上げていると推定され，地形及びSARによる上下変位パターンと整合的である。壁面から採取された土壌（黒ボク）の^{14}C年代測定結果をもとにイベントを考えると，約3,500～約3,400年前に山側からの斜面性堆積物が谷側の河成堆積物を被覆するような断層運動が１回あり，次に，約3,500～約2,000年前あるいはこれよりも新しい時代に２条の断層を生じさせるような断層運動がもう１回あって，上位の斜面性堆積物よりも下位の斜面性堆積物のほうが経験したイベントの数が多い（変位量が２倍程度多い）ことを示唆している。このことは，今回のような変位の累積が的石牧場Ｉ断層の断層崖を形成したことを示唆している。

謝辞：本研究は JSPS科研費JP17K01234（研究代表者：佐藤浩）の一部を使用しました。だいち2号（ALOS-2）データの所有権は宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。現地調査及び資料の解析に当たって，千葉大学大学院理学研究科金田研究室及び日本大学理工学研究科地理学専攻の学生諸氏に多大なる協力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

キーワード：熊本地震、干渉SAR、地震断層、お付き合い断層、累積性
Keywords: Kumamoto Earthquake, SAR Interferometry, surface rupture, triggered fault, cumulativeness

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ステレオ等値線図による3次元SAR解析データの可視化-2016年熊本地震に伴う地震断層の高精度検出-

Visualization of three-dimensional SAR analysis data by stereo isogram map: Precise detection of surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence

*粟田 泰夫[1]
*Yasuo Awata[1]

1. 産業技術総合研究所　活断層・火山研究部門
1. Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

測地技術の進歩は，地殻変動を数cmから数mまでの広いダイナミックレンジで面的に捉えることを可能にしている．とりわけ，衛星搭載の合成開口レーダ（SAR）による観測は，干渉解析（InSAR）および3次元解析による地震断層の高精細な検出を可能にし，従来の地表踏査による地震断層等の調査手法に大きな変革をもたらしつつある．ここでは，小林（2017）による2016年熊本地震に伴う地殻変動の3次元SAR解析データを用いて，広域の変動を精細かつ効率的に目視抽出するための可視化を試みた．

3次元SARデータの高解像度・高ダイナミックレンジ画像への可視化には，粟田（2017）によるステレオ等高線地形解析図による高解像度DEMの可視化手法を適用した．使用したデータは，東西・南北の水平2成分と上下成分の合計３成分に分割されたものであり、各成分のデータは位置情報と一つの変動値のみから構成される．それらの変動値をDEMの可視化における標高値と置き換えて，解析精度の限界まで表現する稠密な等値線図を作成した．精度が高い東西および上下成分の画像においては，データがもつ変動の解像度と同じ1cmまでの精細な間隔の等値線を実用的に描くことができた．また，複雑でダイナミックレンジの大きな地表変動の判読を容易にするために，微細なレンジを強調した段彩を施すとともに，画像を立体視が可能なアナグリフに加工した．なお，解像度が低い南北成分については，等高線間隔10-20cmの画像が実用限界であった．

等値線間隔1cmの画像による判読では，変位量が大きな主断層帯（布田川・出ノ口および高木地震断層）およびそれらに伴う広域変動とともに，その周辺の約50km四方に分布する多くの小規模な地震断層を検出することができた．このうち，小規模な地震断層の検出結果は，空間解像度が1桁高いとされるInSAR画像に基づいたFijiwara et al.（2016）の判読結果と概ね整合的であった．また，等値線図の判読および断面図での計測によれば，東西および南北成分の変位量が5cm程度までの断層については容易に抽出が可能であった．さらに，広域変動が小さかった熊本市街地においては変位量2cmまでのごく小規模な断層を目視判読することもできた．判読結果に基づいて実施した現地調査では，変位量5cm程度の断層については，ガードレールや縁石などの道路構造物や，家屋の基礎，コンクリート構造物などの変形や破断として断層の確認と変位量の計測が可能であった．

文献：
粟田泰夫（2017）活断層・古地震研究報告, 17, 117-136.
小林知勝（2017）2016年熊本地震被害調査報告書，地震被害調査シリーズ, 1, 28-34.
Fujiwara, S. et al.（2016）Earth, Planets and Space, 68:160.

キーワード：三次元SAR、ステレオ等値線図、2016年熊本地震、地震断層

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: 3D-SAR, stereo isogram map, 2016 Kumamoto earthquake sequence, surface rupture

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ALOS 30 DEMの3D画像判読によるモンゴルの活断層図試作
Preliminary active fault mapping of Mongolia by interpretation of ALOS 30 DEM image

*中田 高[1]、鈴木 康弘[2]、渡辺 満久[3]
*Takashi Nakata[1], Yasuhiro Suzuki[2], Mitsuhisa Watanabe[3]

1. 広島大学、2. 名古屋大学、3. 東洋大学
1. Hiroshima University, 2. Nagoya University, 3. Toyo University

発表者らは，「アジアのデジタル活断層マップ」作成のための調査・研究プロジェクトを立ち上げた．アジア全域の広範な地域の活断層を５年間で効率的に判読するために，ALOS 30 DSMから作成したアナグリフ画像をGoogle Earthに取り込んで判読した．さらに，判読した活断層線や関連情報をGoogle Earthの描画機能（線（パス）やポイント（目印））活用して直接マッピングを行った．また，アナグリフ画像の透過度を変えてGoogle Earthの画像をもとに修正作業を行い，活断層のより詳細な位置・形状情報を整備する手法を採用した（中田他,2019）．まず，このマッピング手法の有効性や問題点を検討する草地や乾燥した無植生地域が広いモンゴルを事例に広域活断層図を試作している．

ALOS 30 DSMは，JAXAが2006-2011年にかけて「だいち」で取得したデータをもとに作成された水平解像度30m相当のDEMデータセットで，１度×1度単位を１タイルとして提供されている．本研究では地形表現に適した中央値データを，Mac用のフリーソフト(Simple DEM Viewer)を用いて５度×５度の範囲のアナグリフ画像を作成した．その際，低断層崖などの細かな変位地形を認識しやすくするために地形をグレイスケールの傾斜角で表現した．また，メッシュ解像度以上に拡大して観察するために，画像サイズは200%のサイズの画像を作成した．画像はワールドファイルとともに保存し，GIS等でも閲覧できるようにした．

ALOS 30 DEM画像を用いて詳細かつ効率的に広域の活断層判読を行うために，Map Tiler Pro (Klokan Technologies)を使ってアナグリフ画像をkmlファイルに変換してGoogle Earthに重ねて地形を観察する手法（後藤，2015）によって活断層判読を行うことにした．この手法では，ALOS 30アナグリフ画像で判読した活断層を，透過度調整機能を使ってGoogle Earthの拡大した画像上で参照し，それらの位置や形状を詳細に把握することが可能となる．さらに，Google Earthの描画機能を用いて活断層線を詳細な画像に直接記入し，それらの属性情報を「説明」として記録した（中田ほか，2019).

モンゴルは西部を中心に長大な活断層が数多く存在し，20世紀に入っても巨大地震の発生している Baljinnyam et al (1993)．1905年のTsetserleg地震（Ms 8.2) では，左横ずれ2.5m 上下変位2mに達する長さ130kmの地震断層が出現した． また1905年のBulnay地震(Ms 8.3) では，内陸地震としては最大とされる長さ375kmの地震断層が出現し，左横ずれ5-10mの大きな断層変位が詳しく調査・記録された(Rizza et al., 2015など）．1957年Gobi-Altai地震(Ms 8.3)ではGurvan Bogd断層系の一部が活動し，左横ずれ7mを伴う長さ250kmの地震断層が現れた．さらに，1967年には中部においてMogod地震（Mw 7.0) が発生し，南北性の長さ45kmの右横ずれ断層が出現した．これらの地震断層については現地調査が行われており，これに関連する活断層の詳細な分布が明らかにされている．これら以外の西部のごく一部の活断層については，SPOT 5画像を用いたNissen(2008)などの詳しい報告がある．また，首都のウランバートル周辺の活断層についてSchlupp et al. (2010)などの一連の報告がある．しかしながら，長大な活断層の存在が推定されているGobi-Altai 山脈やHangay山地周辺の活断層をはじめモンゴル全域の活断層分布の詳細は十分に解明されているとは言えない．

上述の報告者らの手法は，Bulnay断層などの顕著な地震断層において断層変位地形を詳細に認定することができることを確認した．また，これまで西部においてSRTMやGoogle Earthなどの2D画像を用いて明瞭な地形境界や地質断層に沿って認定されていた長大な活断層の存否を再確認するとともに，扇状地などを変位させた断層変位地形をもとに新たに活断層を認定した．また，それ以外の中部や東部においても新たに活断層を認定し，その詳細な位置・形状をもとに活断層図を試作した．今後，これらの活断層については，空中写真やCORONA衛星画像の判読や現地調査を行い，モンゴル全域の活断層図の完成を目指したい．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：モンゴル、活断層、ALOS 30
Keywords: Mongolia, active fault, ALOS 30

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地中レーダを用いた台湾山脚断層の検出
Ground penetrating radar profiling across the Sanchiao fault in northeast Taiwan

*中村 衛[1]、陳 浩維[2]
*Mamoru Nakamura[1], How-wei Chen[2]

1. 琉球大学理学部、2. 国立中央大学
1. Faculty of Science, University of the Ryukyus, 2. National Central University, Taiwan

1867年12月18日、台湾北東部で基隆地震が発生した。台湾北東部の金山市街地近傍では震度7相当（台湾中央気象局の震度階級）の揺れに見舞われた。また台湾北東海岸には遡上高6mの津波が襲来した。文献記録に残された当時の被害状況から震度分布および津波遡上高分布が推定されている。それらによると、この地震津波は台湾北東部から海域に北東方向に伸びる山脚断層の海域延長部で発生した可能性が指摘されている（Cheng et al., 2016 TAO）。山脚断層は台北市南部から金山を通る長さ約53kmの正断層である（Shyu et al., 2015 TAO）。地形調査、ボーリング探査および反射法探査の結果から、山脚断層は金山市街地の北側を山麓に沿って通っていると推定されている。しかし、山脚断層の陸域部分が1867年のときに活動したかどうかはわかっていない。そこで地中レーダ（Ground Penetrating Radar: GPR）を用いた地下構造探査を実施し、断層位置の検出を試みた。

調査は金山市街地の北側に位置する海岸砂丘で実施した。砂丘は海岸に沿って北西ー南東方向に伸びている。山脚断層はこの砂丘を直交するように切って通っている。GPR測線は、砂丘の走向と平行方向に、かつ断層の推定位置を通る長い測線と、それと直交方向の砂丘を切る短い測線の２種類を配置した。調査は2017年8月15日から17日および2018年8月16日から20日に実施した。測線は砂丘に平行な方向に3測線、および砂丘に直交する方向に２測線設定した。使用した機器はSensors & Software Inc.のpulseEKKOである。探査に使用した電磁波の周波数は50 MHZ, 100MHzおよび250MHzの３種類である。周波数50MHzと100MHzのとき、砂丘に平行な測線では深さ約6mまでイメージングされている。

金山北部の海岸に平行な測線の深さ約1mで、顕著な反射層が見られた。この反射層は、ボーリング調査で推定された山脚断層の位置に近いところで北西側が1～3m低くなっていた。しかしこの変位は山脚断層の変位（南東側に傾斜した正断層）とは逆である。このことから、山脚断層から分岐した断層（反射法探査に現れている）による変形を捉えた可能性があると考えた。

キーワード：活断層、1867年基隆地震、地中レーダ
Keywords: active fault, 1867 Keelung earthquake, Ground Penetrating Radar

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Paleo-earthquake records of the Hengchun offshore structure, southern Taiwan

*Sze-Chieh Liu[1], J Bruce H Shyu[1], Yuan-Lu Tsai[1], Chuan-Chou Shen[1]

1. National Taiwan University

In the southernmost part of Taiwan, the Western Hengchun Tableland is a prominent topographic feature, with several steps of late Pleistocene uplifted marine terraces forming the top of the tableland, and uplifted Holocene coral reefs along the coast. To interpret the formation of this tableland, an inferred Hengchun offshore structure has been proposed as an active structure located offshore to the tableland’ s west. The uplift and the eastward tilting of the tableland are therefore produced by neotectonic activities of this structure. However, the presence of this structure is still debated, and no record of paleo-earthquakes related to this structure has been identified. To solve this, we utilized fossil coral microatolls as paleo-sea-level indicators to identify possible paleo-earthquake records produced by this structure. The highest level of survival (HLS) of corals is limited by the low tide level. Once living corals grow to this level, the upward growth will stop and they will grow outward instead, forming microatoll morphology with a flat top surface. This makes microatolls great tools to record local sea level history. If microatolls were uplifted and killed by co-seismic uplift, the elevation difference between microatolls and the HLS would represent the amount of uplift, and the age of the coral would constrain the age of the earthquake event. In this study, we surveyed six sites along the coast surrounding the Western Hengchun Tableland. Based on our field survey data and U-Th dating results of uplifted corals, we reconstructed a coastal uplift history of the area, and proposed several paleo-earthquake events in the past 2,500 years. These results enabled us to further understand the seismogenic properties and the possible earthquake recurrence intervals of the Hengchun offshore structure.

Keywords: coral microatolls, Hengchun offshore structure, Paleo-earthquake event

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年9月に発生したインドネシア・スラウェシ島地震のLC-InSAR解析
LC-InSAR analysis of the Sulawesi earthquake in Indonesia

*杉本 惇[1]、小俣 雅志[1]、秋山 佳輝[1]、寶楽 裕[1]
*Jun Sugimoto[1], Masashi Omata[1], Yoshiteru Akiyama[1], Yutaka Horaku[1]

1. 株式会社 パスコ
1. PASCO CORPORATION

ALOS-2を用いた干渉解析によって、広域の地殻変動を捉えるのみならず、局所的な地表変状を捉えられることが明らかとなってきた（Fujiwara,2016、小俣ほか，2017）。本発表では、LC-InSARによる解析（三五ほか，2016、小俣ほか，2016）を用いて、2018年9月28日にインドネシアのSulawesi島で発生した地震による地殻変動を検討した。地震の規模はMw7.5、震源の深さは20km（USGS,2018）である。Sulawesi島のPalu市街地の西側、山地と低地の境界にはPalu-Koro断層が分布することが知られていた。Palu-Koro断層はGPSによる5年間の観測で3.4cm/yrの左横ずれを示す（Walpersdorf and Vigny, 1998）ほど活発な活断層であり、今回の地震はこのPalu-Koro断層に沿って発生した。この地震による地殻変動は、地震直後に国土地理院（2018）によって広域観測モード（分解能60m）による干渉SAR解析が実施され、Palu-Koro断層と一致するように南北に走行を持つ断層が確認された。Paluより南側で5m程度の変位が生じていること、左横ずれしているのと調和的な変動がみられることが報告されている。

本発表で行った干渉SAR解析では、高分解能モード（分解能10m）で観測された2018年3月1日と、2018年10月25日の南行軌道のデータを使用し、Palu周辺のより詳細な変動の抽出を試みた。

LC-InSAR図によれば、Palu-Koro断層に沿って、低コヒーレンスが連続するとともに位相の不連続が生じている‘位相不連続ライン’が確認できる。このような‘位相不連続ライン’は地表変状が生じている箇所であることがこれまでのLC-InSAR解析で示されている（小俣ほか,2017）ことから、Palu-Koro断層沿いの‘位相不連続ライン’も地表地震断層を含む地表変状が生じていると推定される。‘位相不連続ライン’はPalu-Koro断層沿いで大きな位相差を生じている箇所のほかに、平行する南北方向の微小な位相の不連続も確認できる。また、主断層から離れた東側の平野部には北西－南東方向の‘位相不連続ライン’が確認される。これらは派生断層もしくは副断層による地表変状を生じていることを示している可能性がある。

今回の地震では、平野部で液状化から大規模な側方流動が生じたとされている（森,2018）。このような側方流動が生じた地域はコヒーレンス値が低くなることから、LC-InSAR図では赤色で表現される。LC-InSAR図と光学衛星写真とを比較してみると、光学衛星で認められる側方流動を生じた範囲より広い範囲においてコヒーレンス値が低く、赤色で表現されていることが判る。コヒーレンス値が低くなるのは地表面の変動だけではないため注意が必要であるが、明らかな側方流動を生じている範囲よりも広い範囲で地表面に何らかの変化を生じていることを示唆している可能性がある。これは、液状化が発生している範囲は、側方流動を生じている範囲よりも広範囲に及ぶ可能性を示唆するものである。

以上、インドネシアのSulawesi島で発生した地震による変動をALOS-2によるLC-I n SAR図で検討してみたところ、地表地震断層を含む地表変状、および液状化が生じている可能性がある範囲を抽出することが出来た。ALOS-2のデータを利用することで、国内の災害と同様に海外の災害でも広域に被害が発生した災害の発生箇所およびその範囲を特定できることが再確認された。

国土地理院（2018）2018年インドネシア・スラウェシ島の地震に伴う地殻変動，http://www.gsi.go.jp/cais/topic181005-index.html

小俣 雅志・郡谷 順英・三五 大輔（2016）干渉ＳＡＲを使用した新たな地表地震断層検出方法，日本活断層学会2016年秋季学術大会講演予稿集

小俣 雅志・三五 大輔・郡谷 順英・谷口 薫（2107）平成28年（2016年）熊本地震において新たな干渉SAR解析によって見出された地表変状，JpGU-AGU Joint Meeting 2017, SSS12-11

三五大輔 ・小俣雅志・郡谷順英（2016）干渉SAR解析と地形表現図とを組み合わせた新たな地表断層抽出

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

手法の研究，日本リモートセンシング学会（平成26年度秋季）学術講演論文集
森 伸一郎（2018）Googleクライシスマップによって提供された衛星画像の解析に基づいた2018年9月28日のスラウェシ地震におけるPalu（パル）市内外の地すべり領域と領域内の被災建物・住家の特定,http://committees.jsce.or.jp/eec205/system/files/Landslides%20Palu%20City-mori.pdf
USGS(2018) Earthquake Hazards Program M 7.5 - 70km N of Palu, Indonesia, https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000h3p4/executive#executive
A. Walpersdorf and C . Vigny(1998)Monitoring of the Palu-Koro Fault (Sulawesi) by GPS, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 25, NO.13, 2313-2316

キーワード：干渉SAR解析、LC-InSAR図、2018年スラウェシ島地震、Palu-Koro断層
Keywords: InSAR, LC-InSAR diagram, 2018 Sulawesi earthquake, Palu-Koro fault

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Risk evaluation and disaster education around the coastal areas of Sea of Marmara, Turkey through the fault model construction of the North Anatolian Fault

*金田 義行[1,2,3]、Haluk Ozener[4]、Nurcan Ozel[4,5]、Dogan Kalafat[4]、Seckin Citak 、成実 高橋[2,3]、高嶺 堀[2]、宗朗 堀[2,6]、真由美 阪本[10,7]、Ali Pinar[4]、Asim Ozel[11]、Ahmet Yalciner[8]、Gulum Tanircan[4]、Ahmet Demirtas[9]
*Yoshiyuki Kaneda[1,2,3], Haluk Ozener[4], Nurcan Meral Ozel[4,5], Dogan Kalafat[4], Seckin Ozgur Citak, Narumi Takashi[2,3], Takane Hori[2], Muneo Hori[2,6], Mayumi Sakamoto[10,7], Ali Pinar[4], Asim Oguz Ozel[11], Ahmet Cevdet Yalciner[8], Gulum Tanircan[4], Ahmet Demirtas[9]

1. 香川大学　地域強靱化研究センター、2. 海洋研究開発機構、3. 防災科学技術研究所、4. トルコ　ボアジチ大学　、5. 包括的核実験禁止条約機構、6. 東京大学地震研究所、7. 名古屋大学、8. トルコ　中東工科大学、9. 首相府災害緊急事態管理局、10. 兵庫県立大学、11. トルコ　イスタンブール大学
1. Kagawa University, 2. JAMSTEC, 3. NIED, 4. Bogazici University, 5. CTBTO, 6. ERI, 7. Nagoya University, 8. Middle East Technical University, 9. AFAD, 10. University of Hyogo, 11. Istanbul University

Recent, many destructive earthquakes and tsunamis occurred around the plate boundary in the world, which are, 2004 Sumatra Earthquake/Tsunami, 2011 East Japan Earthquake/Tsunami in Japan, and so on. Along plate boundary in Turkey, the North Anatolian Fault (NAF) distributes and the large earthquakes has occurred there. The one of the events along NAF in Turkey is the 1999 Izmit Earthquake, and severe damages was brought to residents The NAF between the eastern end of Turkey and the Aegean Sea has been ruptured in turn from the both ends, and the part off Istanbul city still remains as unruptured zone. It is considered that future large event brings fatal damages not only Istanbul city but also the entire of Turkish economy.

To prepare future large earthquake there, Japan and Turkey made an agreement to start a multidisciplinary research project, MarDiM SATREPS in 2003. The Project has four research groups with the following goals. Group 1 is Marmara Earthquake Source region observational research group to clarify seismicity, crustal structures and crustal displacement, and to construct a possible fault model. Group 2 focuses on scenario researches of earthquake occurrence along NAF and precise tsunami simulation in the Marmara region. Group 3 aims improvements and constructions of seismic characterizations and damage predictions based on observation researches and precise simulations. Group 4 promotes disaster educations using research result visuals and construct strategies of disaster mitigation.

Group 1 constructed a fault model along NAF with some asperities and with variation on the dip. The segment boundary was also identified through the modeling and it is consistent with the past rupture pattern and fluid distribution. The NAF on the western region of Sea of Marmara has creep and the rate is nearly half of block motion based on direct seafloor observation for crustal displacement. Group 2 calculated cyclic rupture pattern along NAF using heterogeneous fault model and constructed monitoring system “SWIFT” for crustal stress field by mechanisms of many events estimated automatically. We developed tsunami calculation code to image inundation around the coastal area. Group 3 investigated ground structure through regular fine shake observation, and constructed city model of industrial region supporting Turkish economy. We simulated strong motion using ground structure, city model and fault model derived from Group 1 and made a new hazard map. Group 4 considered teaching materials for disaster prevention including Japanese animation technique based on above results of three groups.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

These materials are utilized for disaster mitigation in Marmara region and disaster education in Turkey.

キーワード：北アナトリア断層、マルマラ海、リスク評価、防災教育
Keywords: North Anatolian Fault, Sae of Marmara , Risk evaluation, Disaster education

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析による断層活動の有無の推定
Estimation of fault activity by multivariate analysis using chemical composition of fault gouge

*立石 良[1]、島田 耕史[2]、植木 忠正[2]、清水 麻由子[2]、小松 哲也[2]、末岡 茂[2]、丹羽 正和[2]、安江 健一[1]、石丸 恒存[2]
*Ryo Tateishi[1], Koji Shimada[2], Tadamasa Ueki[2], Mayuko Shimizu[2], Tetsuya Komatsu[2], Shigeru Sueoka[2], Masakazu Niwa[2], Ken-ichi Yasue[1], Tsuneari Ishimaru[2]

1. 富山大学、2. 日本原子力研究開発機構
1. University of Toyama, 2. Japan Atomic Energy Agency

はじめに：活断層は，現在の地形及び第四紀の被覆層の変位・変形により認定される．しかし，第四紀の被覆層が存在しない場合，そこにある断層が活断層であるかそうでないかの決定は非常に困難となる．活断層の認定に係る断層の活動性評価は，原子力施設などの重要建造物の安全評価，ひいては地層処分などにおけるサイト選定にとっても非常に重要である．本研究では，国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを変量とした多変量解析を行い，断層活動の有無の判別を試みた．

手法：本研究は，文献収集→断層ガウジの化学組成データの抽出→新たな化学分析データの追加→入力データの整理→変数選択→線形判別分析という流れで活断層と非活断層の違いを判別できるかどうかを確認した．まず，既存の文献から国内における活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成データを抽出した．この際，分析対象が活断層か非活断層か文献に明記されていること，付加体，花崗岩質岩など多様な基盤岩を持つことを抽出条件とした．また，原子力機構保有の断層ガウジ試料の化学分析を行い，両者を統合したデータベースを作成した．このデータベースには，各試料の試料名と分析値のほか，活断層か非活断層かという２つの分類を与えた．次に，このデータベースから説明変数の候補となる元素を決め，入力データとして整理した．文献から抽出した化学組成データは，全て同じ元素が分析されている訳ではないため，試料数をできるだけ多く取れるように共通の元素を選んだ．そして，それらの元素から，活断層と非活断層の判別に適した元素を更に抽出するため，赤池情報量基準（AIC：Akaike,1973）と主成分分析の2つの方法で変数選択を行った．最後に，AICで選択された元素，主成分分析で因子負荷量が高いとされた元素の組合せを説明変数として線形判別分析を行った．ここで，AICは，複数の統計的モデルの良さを比較評価するための規準であり，活断層と非活断層の2群を分けるのに最適な元素の組合せを示す．一方，主成分分析は，多種のデータの持つ情報をできるだけ損なわずに低次元化する手法であり，多次元空間における個々のデータの散らばり具合を説明する合成式が次元の数だけ得られる．この合成式は，データの散らばり具合を説明できる割合（寄与率）の順に第1主成分，第2主成分，第3主成分…と呼ばれる．また，得られた合成式における各元素の重み（因子負荷量）も数値化される．線形判別分析は，2群が正規分布すること，等分散性を持つことを前提として，多次元における2群の中心点を基準として，2群が最も良く分かれる直線（一次式）を求める手法である。

結果：文献収集の結果，既存の論文7編と原子力機構の報告書5編から断層ガウジの化学組成データを抽出した．これに原子力機構保有の断層ガウジ6試料の化学分析結果を加えたデータベースから，変数の候補となる元素をSiO_2, TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3*, MnO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, Rb, Sr, Y, Nb, Ba, Pb, Thの17元素に絞った．データの数は活断層41試料，非活断層16試料の合計57試料となった．これら17元素から，AICでは13元素が最適な元素の組合せとして抽出された．主成分分析では，第1主成分から第17主成分までの合成式が得られ，各合成式で因子負荷量の高い元素が算出された．これらの結果から，①AICの13元素，②主成分分析の第3主成分まで（化学組成の散らばり具合を65%説明する），③第5主成分まで（同じく80%），④第8主成分まで（同じく90%）の因子負荷量の平均値が上位10位に入る元素の組合せで線形判別分析を行った．その結果，①③④の組合せで活断層と非活断層の2群を正確に分ける一次式が得られた．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

考察：上記①③④の元素の組合せに共通する元素はTiO_2, Al_2O_3, MgO, Na_2O, P_2O_5, Baの6元素である．この6元素の組合せ（以下⑤とする）で再度線形判別分析を行ったところ，2群を正確に分ける結果となった．これらの元素は異なる手法あるいはフィルターで選ばれたものであることから，活断層と非活断層の違いを表す元素の可能性がある．また，①③④⑤の一次式に別の活断層の断層ガウジ３試料のデータを代入し，検証を行った結果，全ての式で活断層側と判別される値が出た．ただし，これらの値は母集団の分布範囲から外れており，その傾向は元素数が多いほど顕著であった．すなわち，⑤の組合せが最も母集団と近い値となった．このことから，現時点では，⑤の6元素で構成される一次式が，活断層と非活断層を分ける最良の式と判断した．

おわりに：断層ガウジの化学組成を用いた多変量解析により，活断層41試料と非活断層16試料の2群を，化学組成から正確に分ける一次式が複数得られた．更に，これらの一次式に共通する元素の組合せから，活断層と非活断層の違いを表す元素を6つに絞ることができた．この6元素は，今後「なぜ活断層と非活断層の断層ガウジの化学組成が異なるのか」という本質的議論の鍵となる可能性がある．

本報告は経済産業省資源エネルギー庁委託事業「平成30年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業（地質環境長期安定性評価技術高度化開発）」の成果の一部である。

引用文献：Akaike, H., Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), p. 267-281, 1973.

キーワード：断層ガウジの化学組成、多変量解析、活断層と非活断層
Keywords: Chemical composition of fault gouge, Multivariate analysis, Active faults and inactive faults

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ベイズ最適化と有限要素法に基づく断層面形状探索 ー スリップパーティショニングの最大化を例として ー
Bayesian optimization of fault-shape parameters using finite element analysis: parameter sets for strong slip partitioning

*竿本 英貴[1]
*Hidetaka Saomoto[1]

1. 産業技術総合研究所
1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

断層変位解析を含む三次元有限要素解析は，一定レベル以上の計算時間を必要とするため，多くの解析ケースについての検討は一般に困難である．一方で，観測結果を模擬するためには少なくともいくつかの解析ケースについて検討する必要がある．観測結果とシミュレーション結果の残差に対してモデルパラメータの感度が容易に求まらない場合，グリッドサーチによってパラメータの良し悪しを検討するのが通例であるが，パラメータ数が多くなると検討すべき解析ケース数が指数関数的に増加するため，グリッドサーチは効率的ではない．一方，遺伝的アルゴリズムなど進化計算に基づくパラメータ最適化は感度情報が不必要かつ強い非線形問題についても適用できるという利点があり，広く用いられている．しかしながら，進化計算に基づくパラメータ最適化は1ケースあたりの計算時間が短い場合への適用に限られ，今回対象とする(計算時間が長い)三次元有限要素解析には適用しづらい．

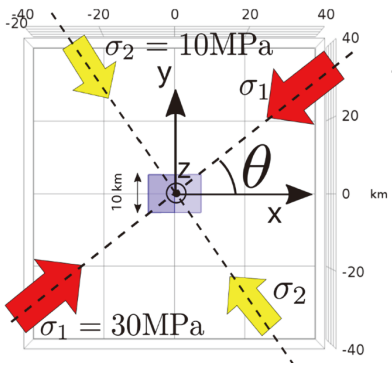
近年，なるべく少ない試行回数で最適パラメータを求めようとする手法として，ベイズ最適化手法が注目されている．ベイズ最適化はある時点までに実施してきた試行結果を元にして，次の探索候補を逐次的に決定するアルゴリズムであり，グリッドサーチに比べて効率的である上，進化計算に基づくアルゴリズムのように多くの解析ケース(ただし，グリッドサーチよりは少ない)を必要としない．ここではベイズ最適化手法の一つであるTree-Structured Parzen Estimatorに基づく最適化ライブラリOptuna(1)を有限要素解析(COMSOL Multiphysics)と組み合わせることで，スリップパーティショニングを積極的に起こす断層面形状を探索した．ベイズ最適化から得られた断層面形状に関するパラメータセットは，事前に実施したグリッドサーチから得られたパラメータセットと整合的であり，グリッドサーチの結果よりもスリップパーティショニングの程度が大きくなった．今回の検討から，ベイズ最適化手法によって効率的に断層面形状に関するパラメータが探索できることが示された．

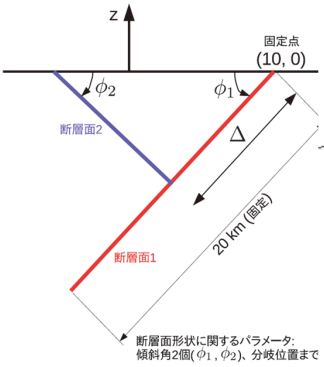
参考文献:

(1) Preferred Networks, Inc.: https://optuna.org/

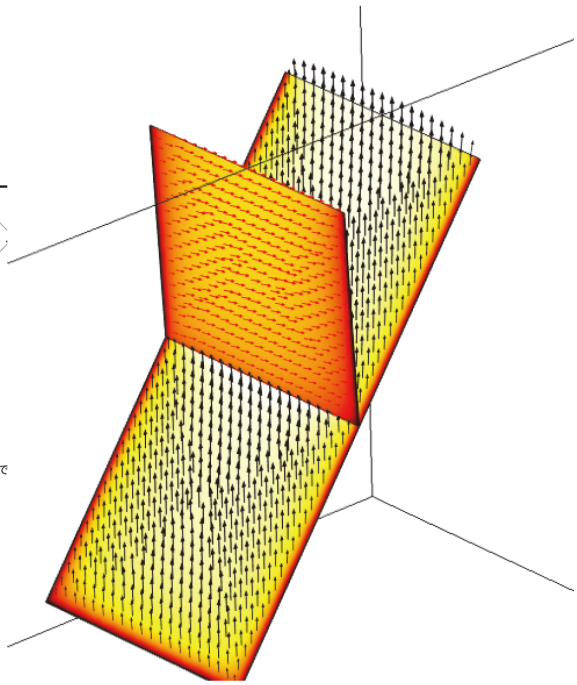
キーワード：活断層、有限要素法、ベイズ最適化、スリップパーティショニング
Keywords: Active Fault, Finite Element Method, Bayesian Optimization, Slip Partitioning

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.





最適化するパラメータ：
主応力方位と断層面形状に関するパラメータ



Θ= 33.8°, ϕ1= 54.5°, ϕ2= 86.3°, Δ=10 km
のとき、スリップパーティショニングが
生じやすいと考える

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_20

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究
First-principles study on frictional characteristics of gibbsite

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2]
*Hanaya Okuda[1], Kenji Kawai[1], Hiroshi Sakuma[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 2. Research Center for Functional Materials, National Institute for Materials Science

層状の結晶構造を持つ層状鉱物は断層の剪断部に多く存在することが知られている(e.g. Chester et al., 2013)。層状鉱物は一般的な岩石に比べて低い摩擦係数を持ち、かつ鉱物種によって多様な摩擦係数を示すことから、層状鉱物の摩擦特性は断層のすべり挙動を支配していると考えられている(Byerlee, 1978; Moore & Lockner, 2004)。この低く多様な層状鉱物の摩擦特性は、原子スケールの真実接触面を考え、層状鉱物の層間における剪断時のポテンシャルエネルギー変化と物質の降伏強度から理論的に推測できることがSakuma et al. (2018)やOkuda et al. (submitted)によって近年示唆されている。

本研究では水酸化マグネシウムの層状鉱物bruciteと水酸化アルミニウムの層状鉱物gibbsiteの摩擦特性に着目する。Moore & Lockner (2004)の摩擦実験ではbruciteの摩擦係数は0.42でかつstick-slipを示す一方、gibbsiteの摩擦係数は0.75で定常すべりを示す。この二つの鉱物はそれぞれMgO_6とAlO_6の八面体が二次元平面に広がった層(八面体シート)を形成する層状結晶を成し、共にほぼ同じような結晶構造を示す(図1)。その違いはMgとAlの価数の違いに伴ってbruciteが八面体シート中に空席を持たないのに対し、gibbsiteは八面体シート中に1/3の空席が存在することである(図2)。この二種類の八面体シートは層状珪酸塩の基本構造であり、八面体シートの結晶構造の違いが摩擦特性に与える影響を調べることは層状鉱物の摩擦特性の支配要因を明らかにする上で重要である。発表者はこれまでbruciteの摩擦特性について理論的な研究を行ってきた(Okuda et al., submitted)。本研究ではgibbsiteにおいて層間における原子スケール摩擦特性を密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算を用いて計算し、bruciteとの比較を行った。

予察的な結果においては、原子スケールにおいてgibbsiteはbruciteより低い剪断応力で剪断することが可能であることが明らかとなった。これは八面体シート中の空席の存在により、八面体シートから伸びるOH基の角度が大きく変化することが可能であることにより、gibbsiteの方がbruciteより剪断時にエネルギー的に安定な構造を容易に取りやすいことに起因している。またgibbsiteの降伏強度はモース硬度から推定すると1~2 GPaである(Mehrotra et al., 2015; Broz et al., 2006)。これはbruciteの降伏強度4.0 GPa (Okuda et al., submitted)と比べて小さい。摩擦の凝着説を考えると、この小さい降伏強度は摩擦係数を大きくする効果を持つ。発表においては原子スケール摩擦特性の定量的な議論および降伏強度を考慮したマクロな摩擦特性の推定を行い、bruciteとgibbsiteの摩擦特性の違いが何によって支配されているかについて議論を行う。

キーワード：層状鉱物、結晶構造、摩擦特性、Gibbsite、第一原理計算
Keywords: Sheet-structure minerals, Crystal structure, Frictional characteristics, Gibbsite, First-principles calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 1

Gibbsite ($Al(OH)_3$)

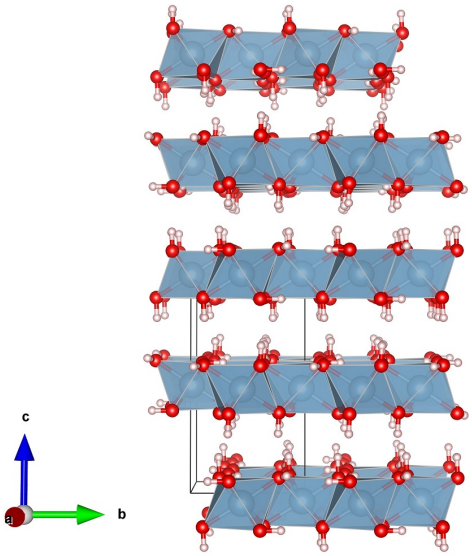
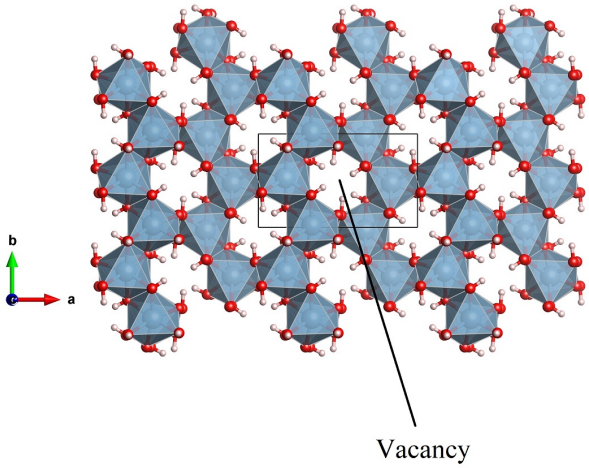
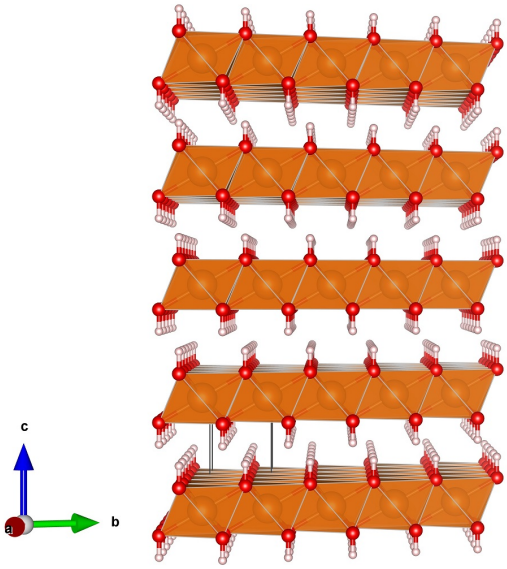
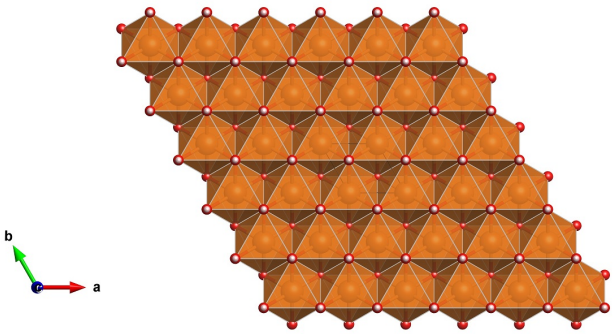


Figure 2



Brucite ($Mg(OH)_2$)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

Feasibility Study of Morphological Characterization to Comminuted Particles by A Particle Characterization Approach (4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2]
*Daisuke Sasakura[1], Osamu Kuwano[2]

1. スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2. 国立研究開発法人　海洋開発研究機構
1. MalvernPanalytical Japan ,Div of Spectris Co.Ltd,., 2. JAMSTEC

断層破砕帯は過去の断層破壊による粉砕、摩耗によってできた断層ガウジと呼ばれる粒子でみたされている。断層ガウジの粒子サイズ分布や粒子形状は、断層の摩擦強度に影響すると考えられる。また、それらの粒子形態情報は、過去の断層活動による破砕の様式や度合いを知る手掛りになるだろう。断層破砕帯における粒子サイズ分布はべき分布となることが知られており、べき指数は破砕の様式や進行度を反映していると考えられている。今回、粉砕の度合いと粒子サイズおよび形状の関係を調べるために、模擬粒子を用いた剪断粉砕実験を行ったので報告する。剪断粉砕実験は回転式剪断試験機を用いて、変位10mmから1mの範囲で行った。所定の変位量まで剪断した実験後の試料は回収後、乾式粒子画像分析装置Morphologi G3-SE(MalvernInstruments)を用いてサイズ分布および形状を測定した。異なる倍率の対物レンズを用いた、異なるサイズ計測範囲のデータを結合することで粒子径1μm-10mmの幅広い範囲でのサイズ分布を得た。測定の結果、変位量の増加とともに小粒径側から指数-1のべき分布が発達していくことが明らかになった。サイズ分布、形状測定の結果から、粉砕様式の変化について議論する。

キーワード：断層ガウジ、粒子サイズ、粒子形状、粉砕、フラクタル分布
Keywords: Fault gouge, Particle size, Particles Shape, Commutation, Fractal Distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1]
*Akio Goto[1]

1. 東北大学東北アジア研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

The viscosity of Izu Oshima basaltic lava flows, effused from summit crater in 1950-1951 and 1986 eruptions, were estimated from slope angle, thickness and surface velocity with supposed density of the flowing lava (Murauchi, 1950; Minakami, 1951; Shirao, 1986). They seem to be curious in that the viscosity of 1950 lava changed over two orders within 15 ˚C (1.7×10^4 Pa s at 1063 ˚C and 3.3×10^6 Pa s at 1048 ˚C), and 1950 lava at 1048 ˚C had over two orders higher viscosity than 1951 lava at 1038 ˚C (2.3×10^4 Pa s). Minakami (1951) also pointed out that the viscosity from field observation were several tens times higher than the measured viscosity in laboratory by Kani (1934). To solve these paradoxical observation results uniaxial compression viscometry was performed for 1986 LC lava cored cylindrically with 15 mm diameter and 30 mm high (Goto, 2017, JpGU meeting). Contrary to the expectation before the experiment that the viscosity decreases continuously with increasing temperature, the lava became deformable drastically at around 1100 ˚C, which did not seem to be by fluidization but by brittle failure; the middle of the cylindrical core was crushed and their surface skin was pushed out brittly. Below this temperature viscosity changed continuously with temperature, although they were almost at solid state range and much higher than the observed viscosity. These rheological properties were common for other Izu Oshima lavas: 1777 pahoehoe, 1950 aa and two types of 1951 pahoehoe (Goto, 2018, VSJ Fall meeting). A new question arose whether these properties were also common for other basaltic lavas. To confirm it Miyake-jima 1983 lava and Mt. Fuji Kemnarubi 1 (porphyritic) and 2 (aphyric) lavas were newly used for uniaxial compressional viscometry.

Similar deformation was seen for Miyake-jima and Mt. Fuji basaltic lavas, indicating that brittle behavior is common for most, if not all, basaltic lava when the drastic deformation occurs. As was also seen for Izu Oshima lavas the highly deformed sample had enough strength not to separate into pieces after the experiments, indicating melt phase surely existed. Melt composition analysis was impossible for Izu Oshima samples after the uniaxial compression experiments due to dendrite crystallization during cooling (10 ˚C/min); alternatively samples quenched after annealing was used for melt composition analysis to calculate the viscosity using the model by Giordano et al. (2008). The melt phase viscosity scattered within few orders even in each sample, i.e., at the same annealed temperature, due to the variation of the melt composition, and was almost similar with or within few orders higher than the viscosity observed by Murauchi (1950) and Minakami (1951) at the same temperature range. If 1 wt% water was supposed 2 orders viscosity decrease was expected, but high crystallinity (e.g., 50 vol% at 1105 ˚C and 78 vol% at 1095 ˚C in annealed sample) might compensate the viscosity decrease by water or rather heighten the bulk viscosity than observed lava flow viscosity. The mechanism of brittle deformation is not interpreted yet, but high mobility after the brittle deformation may sustain the low bulk viscosity of lava flow, and variation of melt composition at the same temperature may be the source of the above mentioned curious observed viscosity.

Acknowledgements

Mt. Fuji Kenmarubi lavas were provided by Dr. M. Yoshimoto in Mount Fuji Research Institute. This study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is supported by grant in aid for cooperative work from Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

キーワード：玄武岩質溶岩、粘性係数、脆性破壊
Keywords: basaltic lava, viscosity, brittle failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレーサイト状組織
Cataclasitic texture in gabbroic xenoliths of the Fuji 1707 eruption, Japan

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3]
*Hidemi Ishibashi[1], Yumiko Harigane[2], ATSUSHI YASUDA[3], Natsumi Hokanishi[3]

1. 静岡大学理学部地球科学専攻、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所
1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

富士山で最新の噴火である1707年宝永噴火の噴出物中には，粒間メルトを含む斑レイ岩が捕獲岩としてしばしば含まれている．このような斑レイ岩捕獲岩は，マグマだまり内部でおこる諸現象の直接的情報源として重要である．今回，この斑レイ岩捕獲岩を300試料あまり観察した中で，カタクレーサイト状組織を示すものを複数発見した．斑レイ岩のカタクレーサイトがマグマに捕獲されるということは，富士山の地下でマグマ供給系と断層が互いに切り合っている可能性を示唆する．そこで本研究では，このカタクレーサイト状組織の特徴について観察・記載するとともに，構成鉱物の化学組成を分析も行い，この組織の形成過程について検討した．

本研究で確認したカタクレーサイト状組織は，主に破砕岩片と細粒基質部から構成され，破砕岩片ないしは未破砕部と細粒基質部の割合にはバリエーションが見られた．一部の斑レイ岩試料に破砕流動に伴う面構造が発達していた．構成鉱物組み合わせは，斜長石＋オリビン＋輝石＋磁鉄鉱＋イルメナイトで，粒間にガラスがしばしば確認できる．この組み合わせは，未変形の斑レイ岩捕獲岩試料と同一である．未変形の斜長石には波動消光はほとんど確認できないが，細粒部の斜長石には波動消光が確認できる．未破砕部には割れ目が発達しており，これにしばしばメルトが浸透している．また，オリビンとこのメルトの間には輝石の反応縁が発達している．

未破砕部の割れ目に浸透したメルトの化学組成はSiO_2～75wt.%の流紋岩質であり，宝永噴火で噴出したメルト組成とは異なる．このことから，このメルトは捕獲岩の母岩メルト由来ではない．また鉱物組み合わせから，変形に伴う溶融起源とも考えにくい．一方で，カタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩中の斜長石に含まれるメルト包有物には，同等の化学組成のものが確認できることから，破砕組織形成時に近傍に存在していたメルトが浸透したものと考えられる．元素拡散の比較的速いFeTi酸化物の化学組成から見積もった温度と斜長石-メルト共存関係から制約したメルト含水量条件はそれぞれ～800 ℃と～8 wt.%であり，これはカタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩について見積もられた条件と同等であった．このメルト含水量から見積もられるH_2O飽和圧力は～290 MPaで，これは深さ約11 ㎞に相当する．この結果から，このカタクレーサイト状組織は，深さ11 ㎞以深のメルト共存下でおこったせん断変形によって形成したと考えられる．

このカタクレーサイト状組織を形成した原因の候補として，富士山南西麓に存在する断層が考えられる．2011年3月15日に発生した静岡東部地震の余震域は，宝永火口直下の深さ5-15㎞の領域を端点として南西方向へと広がることから，この断層はその北東端においてマグマ供給系と交差していた可能性がある．しかしこの場合，岩石の温度が～800 ℃と高温であることから，カタクレーサイトの形成に必要な大きい歪速度が実現できるか疑問が残る．他の可能性として，マグマの供給・噴火やクリスタルマッシュの圧密に伴うマグマだまりの変形が考えられる．この際に歪が集中して小断層が形成され，その運動に伴ってカタクレーサイト状組織が局所的に形成した可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：斑レイ岩、カタクレーサイト状組織、捕獲岩、富士火山
Keywords: Gabbro, Cataclasitic texture, xenliths, Fuji volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1], Miki Takahashi[2], Jin-Han Ree[1], Haemyeong Jung[3]

1. Korea University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Seoul National University

Deformation of rocks is heterogeneous particularly when constituent minerals have significant difference in crystallography and/or grain size. Recrystallized grains usually develop from the intragranular region of calcite porphyroclasts in natural shear zones, leading to grain-size reduction and thereby causing rheological change of deforming. However, detailed processes of the intragranular recrystallization and microfabric evolution still remain unclear. To investigate the intragranular recrystallization processes we performed experimental deformation on fossil-bearing limestone using triaxial testing machine. The fossils in the limestone are mainly crinoids and trilobites. The crinoids mostly occur as monocrystalline calcites with larger grain size (700 μm) than that of the matrix (tens μm). In contrast, the trilobites occur as polycrystalline calcites with their grain size (7 μm) much finer than that of matrix. The experiments were performed at temperatures of 500 ~700 ℃, strain rate of 10^{-4}~10^{-5} s^{-1}, confining pressure of 200 MPa and axial strain of up to 30 %. Our strain analyses show that bulk strain is more accommodated in the fine-grained calcites with increase in temperature. In deformed fine-grained calcites of trilobites, fabric strength becomes much weaker with increasing temperature and some grain growth occurs forming equant shape of grains with straight boundaries. These suggest that intergranular process is important in fine-grained calcites of trilobites. In contrast, dynamic recrystallization occurs within the monocrystalline fossil domain of deformed crinoids. The recrystallized grains develop along or near e-twin boundaries and have similar grain size to that of the subgrains (30 μm) formed adjacent to e-twin boundaries. There is a strong correlation of misorientation distribution between the recrystallized grains and e-twin boundaries, suggesting that the intragranular recrystallization in the crinoid fossil is dominated by rotation recrystallization along e-twin boundaries, resulting in misorientation inheritance from the e-twin boundaries. Thus, e-twin boundaries play an important role in intragranular recrystallization processes and grain-size reduction of deforming calcites.

Keywords: Rock deformation, Fossil-bearing limestone, Intragranular recrystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

Development of the geobarometer using size and mineral species dependence of residual pressure of fluid inclusions

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1]
*Yuuki Hagiwara[1], Junji Yamamoto[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

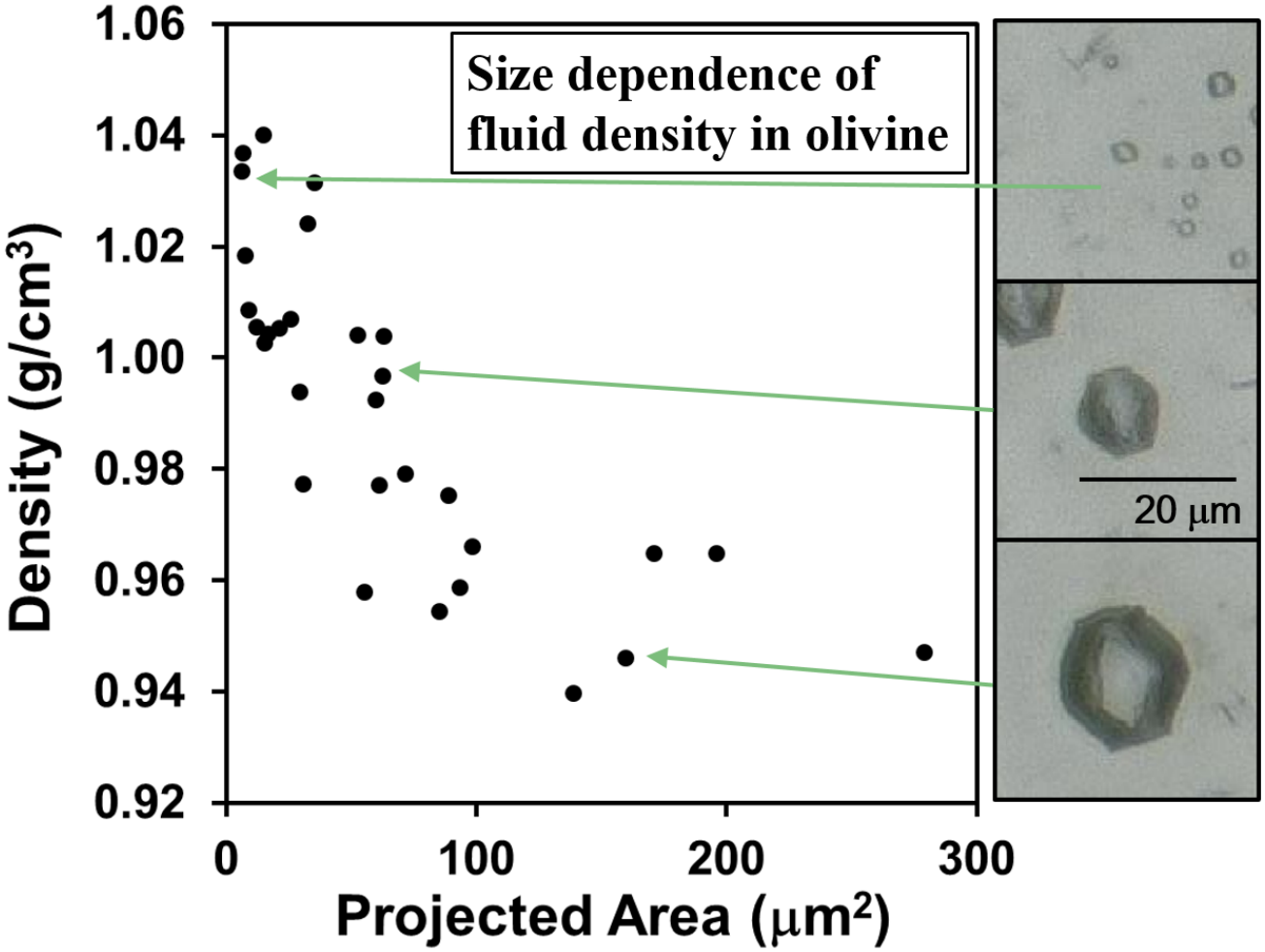
マントル捕獲岩の由来深度やマグマの上昇過程を推定するために，流体包有物の残留圧力は有益な情報源である (Levresse et al. 2016; Oglialoro et al. 2017)．本手法は鉱物種を選ばないため，鉱物の組成を用いた従来の地質温度圧力計が使えない岩石にも適用可能である．更に，周囲の温度や圧力変化への応答が早いため，短い時間スケールの現象を追跡可能である．残留圧力の鉱物種依存性 (Yamamoto et al. 2008) やサイズ依存性 (Campione 2018) の存在が指摘されているが，その地球科学的意義についてよく分かっていない．そこで本研究ではマントル捕獲岩中の様々なサイズや鉱物種中の流体包有物の残留圧力をラマン分光分析により測定し，地質温度計・地質圧力計・上昇速度計としての利用可能性を議論する．

Campione (2018) によると，流体包有物は小さいほど流体圧の保持能力が高いため，流体包有物の残留圧力を利用した岩石の由来深度推定のためにはサブミクロン程度の径を持つ流体包有物が最も信頼できる．しかし，流体が相変化する温度から残留圧力を推定する従来の手法 (マイクロサーモメトリー) では通常5 μm以下の流体包有物の残留圧力の測定は困難である (Hurai et al. 2015)．そこで近年，CO_2のラマンスペクトルの2つの大きなピーク (ν_1–2 ν_2 fermi resonance) の波数差 (Δ) が圧力に敏感であることを利用し，pure CO_2に利用可能な圧力計の改良開発が進んでいる (e.g. Hagiwara et al. 2018) ．しかし，ΔはH_2OとCO_2の相互作用の影響を受ける可能性があるため，圧力計の確立にはCO_2のラマンスペクトルへのH_2Oの影響を厳密に調べる必要がある．現に，CO_2–N_2系やCO_2–CH_4系では組成や圧力に依存してスペクトルのエリアやピーク位置が大きく変わることが指摘されている (Seitz et al. 1996; Lamadrid et al. 2018) ．そこで，著者らは本手法をマントル捕獲岩の流体包有物に普遍的な組成であるH_2O–CO_2系へ拡張可能であることを実験的に確認し，マントル捕獲岩中のサブミクロン程度~10 μmの流体包有物の残留圧力の測定を行った．流体の測定には励起光として半導体レーザー (532 nm)，対物レンズ×50 (LUPlan; Nikon; N.A=0.9)，グレーティングは 1800 本/mm，検出器として 1650×200 ピクセル (16 μm角) の CCD 素子を用いた．また，流体包有物の形状の測定はデジタル顕微鏡 (VHX-5000; Keyence Co.) の対物レンズ2000× (VH-ZST; Keyence Co.) を利用した．流体包有物の輪郭は輝度のコントラスト差を利用して自動的に測定を行った．

測定結果から，流体包有物の残留圧力は流体包有物の径に依存して系統的に変化し，流体包有物の径が小さいほど高圧を保持していることが分かった．更に，流体包有物が小さいほど高圧である傾向は同じだが，鉱物種によって保持する残留圧力の絶対値が異なることも分かった．これらのデータに基づき，流体包有物の残留圧力のバリエーションがもたらされる原因について議論する．

キーワード：流体包有物、ラマン分光法、地質圧力計、マントル捕獲岩
Keywords: Fluid inclusion, Raman spectroscopy, Geobarometer, Mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析
Microstructures and misorientation analysis of quartz in the Sanbagawa metamorphic belt, Shikoku, Japan

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1]
*Tadamasa Ueda[1], Ichiko Shimizu[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

三波川変成帯汗見川ルートの石英粒子は、変成度に関係なく亜結晶粒回転とひずみ駆動の粒界移動の微細構造を示すことが明らかにされている（上田・清水、2018 JpGU）。本研究では、先行研究で得られた電子線後方散乱回折（EBSD）マップを用いて、片岩中の亜結晶粒回転プロセスを調べるために石英の結晶内misorientationを精査した。

全データから単一粒子内の境界を抽出するために、マッピングステップサイズの約9倍より大きく、互いに接触していない粒子のデータセットを作成した。粒子は、ドフィーネ双晶境界を除いた12°以上の境界を粒界として粒認識した。粒子の抽出は、データセットの合計が石英領域の>~80%をカバーし、データセット内に石英粒子が重複しないように各薄片について複数回行った。ドフィーネ双晶型のmisindexed粒子に起因する境界を除去するために、ドフィーネ双晶境界を除外せずに粒認識した際に生じるマッピングステップサイズの５倍以下の粒子をデータセットから除外した。

変成度に関わらず以下の特徴が示された。Misorientation角度分布は低角度（<10°）と60°に二つのピークを示す。 30~40°のmisorientationを有する境界はほとんど存在せず、65°を超えるmisorientationを有する境界は存在しない。misorientationの頻度は、低角から約30°まで徐々に減少し、約45°から60°まで徐々に増加し、60°を超えると急速に減少する。結晶座標系において、<~12°のmisorientation回転軸の分布はc軸付近に弱い集中を示し、m面に対しての極付近に集中を示さない。一方、大部分の試料は面構造に垂直に近い方向にc軸の集中を示す。低角回転軸がc軸付近に集中することと比較して、約15-40°の回転軸分布は、c軸方向から外れた集中を示す傾向がある。45~65°の回転軸分布はc軸方向に強い集中を示す。c軸が面構造に垂直な粒子はc軸が面構造並行で線構造に垂直な粒子よりも低角境界回転軸のc軸方向への集中が弱い傾向にあるが、結晶座標系における回転軸分布の全般的な特徴は変わらない。試料座標系において、石英粒子の短軸が面構造に対してほぼ垂直である試料に関しては、<~12°の回転軸分布は面構造平行で線構造垂直な方向に弱い集中を示す。石英粒子の短軸が面構造に対して比較的低角である試料において、<~12°の回転軸は石英短軸と線構造にほぼ垂直な方向に弱く集中している。

Misorientation角度分布および回転軸分布は、亜結晶粒回転のみによって形成された境界のmisorientationが~40°未満であり、~45-60°の高角境界がドフィーネ双晶および亜結晶粒回転の組み合わせによって形成されたことを示している。一般にbasal-aすべり系の活動として解釈される面構造垂直なc軸集中をほとんどの試料が示すことを考慮すると、低角境界回転軸のc軸方向への集中は解釈が難しい。しかし、亜結晶粒界が転位の焼きなまし構造であり、定常変形を受けている結晶中の転位の大部分は一般に林立転位であると考えられることを考慮すると、以上のmisorientationの特徴とbasal-aすべりを示すc軸構造の共存は正当化されうる。亜結晶粒界の回転軸は、主すべり系よりもむしろ補助的なすべり系を示すのかもしれない。

キーワード：石英、転位クリープ、EBSD、亜粒回転、三波川変成帯、ミスオリエンテーション解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Quartz, Dislocation creep, EBSD, Subgrain rotation, Sanbagawa metamorphic belt, Misorientation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

Microstructural & petrological analysis of peridotite xenolith in Noyama-dake, Shimane prefecture ~ implication of plastic deformation during Japan sea opening

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1]
*Miki Tasaka[1], Shunsuke Inagawa[1]

1. 島根大学
1. Shimane University

西南日本内帯に分布する新生代アルカリ玄武岩中には、しばしば地殻・マントル由来の捕獲岩が含まれる。本研究地域である島根県野山岳の玄武岩中には数cm~10cm程度の大きさの捕獲岩が確認できる。これらの捕獲岩を用いた岩石学的な研究は行われてきたが(平井, 1983: Abe et al., 2002: Abe and Arai, 2005)、詳細な微細構造解析は行われていない。そこで本研究は野山岳のかんらん岩捕獲岩を用いた微細構造解析と化学組成分析を行い、背弧地域の変形履歴と火成活動の関係を明らかにすることを目的とする。

薄片観察と微細構造解析より捕獲岩の岩石組織を①粗粒等粒状組織(粒径~1mm)、②細粒組織 (~50um)、③大小様々な粒径を含む組織にグループに分類した。結晶方位定向配列(EBSD法)の解析から①中粒等粒状組織と②細粒組織において、ある一定方向にかんらん石の結晶方位が集中している様子や、もとのかんらん石巨晶の方向を保存しながらの動的再結晶しているかんらん石が確認できた。③の大小様々な粒径を含む組織のグループは大きなかんらん石が直線的に割れ、その中にメルトが貫入している組織や、直線的に割れたかんらん石巨晶の間に小さなかんらん石が再結晶している組織が見られた。

かんらん石とスピネルの化学組成分析より、①粗等粒状組織はマントル起源の溶け残り岩であるのに対し、②細粒組織と③大小様々な粒径を含む組織はマグマ起源の集積岩であった。また、斜方輝石-単斜輝石温度計を用いた平衡温度は1200℃程度でありスピネル・レルゾライトが安定領域の圧力で比較的高い温度の条件で化学平衡にあったと示唆された。

上記の結果から、7.3 Maに野山岳玄武岩が噴火する前、野山岳直下は高地温勾配で多様な応力下でかんらん岩が塑性変形する条件にあったと考えられる。これは15Maごろに最も活発化した日本海拡大に起因するものではないかと考えた。またマグマ噴火時の流体圧によりかんらん石巨晶が脆性・塑性変形し、野山岳を作る玄武マグマの噴火が爆発的なものであったことが示唆される。

キーワード：かんらん岩捕獲岩、日本海拡大
Keywords: peridotite xenolith, Japan sea opening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング
Thermodynamic approach to grain boundary premelting in a binary eutectic system

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1]
*Akihiro Tsunoda[1], Yasuko Takei[1], Hatsuki Yamauchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

硬いリソスフェアの下に柔らかいアセノスフェアが存在するという描像はプレートテクトニクスの基礎を成している。従来、アセノスフェアの柔らかい物性は岩石が部分融解することに起因すると考えられてきた。しかし、岩石のアナログ物質の融点近傍における非弾性を測定した実験において、融点直下でも顕著な非弾性緩和と粘性クリープの増加がみられることがわかった(Yamauchi and Takei, 2016)。非弾性は粒界滑りに、粘性は粒界拡散に関係しているため、これらの物性変化は、融点直下で粒界の性質が変化することを示唆している。つまり、アセノスフェアの柔らかさがメルトではなく粒界の物性変化によって説明できる可能性がある。しかしその物理メカニズムはよく分かっていない。

物質科学や物理の分野では、融点直下で粒界の無秩序化が生じることが知られており、粒界プレメルティングと呼ばれている。上述した実験の結果は、粒界プレメルティングによってよく説明できると期待される。そこで本研究では、これらの分野で提案されているモデルを用いて、マントルで粒界プレメルティングが生じている可能性やその岩石物性への影響を調べることを目指している。

本研究ではフェーズフィールドモデルと呼ばれる熱力学モデルを用いる。このモデルは、相境界を含むような不均質な系の自由エネルギーを現象論的に与えるモデルである。本研究ではまず、Yamauchi and Takei (2016) で岩石アナログ物質として用いた2成分共融系に注目する。Tang et al. (2006) は、2成分共融系の粒界が、組成、結晶方位、結晶度(又は秩序変数)の3つのパラメータを用いて記述できることを示し、粒界の自由エネルギーを3つのパラメータで表したフェーズフィールド モデルを提案した。この自由エネルギーが最小となる条件を求めることで熱力学的に安定な粒界の組成や結晶度を得ることができる。融点近傍における粒界組成と粒界結晶度を温度の関数として計算することで粒界プレメルティングを理解することを試みた。さらに2成分それぞれの融点、融解エンタルピー、粒界における結晶方位差などのパラメータが粒界の状態の温度変化に与える影響について考察を行った。

キーワード：プレメルティング、フェーズフィールドモデル
Keywords: premelting, phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果
Size effects on hardness and fracture toughness of olivine

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1]
*Sanae Koizumi[1], Tohru S Suzuki[2], Takehiko Hiraga[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute for Materials Science

We conducted Vickers indentation tests on Fe-free (Mg_2SiO_4) and Fe-bearing ($Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$) olivine. Their single crystals and highly-dense polycrystalline materials with various average grain sizes (d) from 170 to 890 nm were tested. The largest Vickers microhardness (H_v) of 18 GPa at the lowest load of 0.1 N, which corresponds an indentation depth (h) of 0.6 μm was measured from the polycrystalline material with the finest grain size. The H_v decreases with increasing d and h, both of which are represented by $H_v \propto l^x$ where l corresponds to both sizes with a common x value of ~0.09. The relationship no longer holds at of > 4 μm and of > 1 μm where H_v take constant values of ~9.5 and ~8 GPa for Fe-free and Fe-bearing olivine, respectively. Fracture toughness (K_{IC}) measured from indentation diagonal size and length of cracks radiated outward from the indentation corners is ~0.8 MPa・$m^{1/2}$ for the polycrystalline materials, whose value does not change with the applied load, and olivine chemistry and grain size. The single crystals exhibit lower and orientation dependent toughness from 0.4 to 0.7 MPa・$m^{1/2}$.

キーワード：オリビン、硬さ、破壊靭性、圧入サイズ効果、粒径効果
Keywords: Olivine, Hardness, Fracture toughness, Indentation size effect, Grain size effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1]
*Yumiko Tsubokawa[1], Tomohiro Ohuchi[1], Yuji Higo[2], Yoshinori Tange[2], Tetsuo Irifune[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 高輝度光科学研究センター
1. Ehime University Geodynamics Research Center, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

Large-scale tectonic processes such as subduction of slabs depend critically on the rheological behaviour of major mantle minerals. Because olivine is the most dominant mineral under the lithospheric conditions, viscosity of dry olivine have been considered to control the strength of the oceanic lithosphere. However, this assumption needs to be reconsidered because olivine is too strong to allow the operation of plate tectonics (Kohlstedt et al., 1995). Ohuchi et al. (2011) showed that orthoenstatite, the second most abundant mineral, could be much weaker than olivine at lithospheric temperatures. Creep strength of polycrystalline orthoenstatite needs to be considered when we discuss the strength of lithosphere because mechanical data on single crystals give the upper/lower limits of the strength of orthoenstatite.

In order to determine the flow-law parameters for dislocation creep of orthoenstatite under the lithospheric conditions, deformation experiments of dry orthoenstatite aggregates were conducted at high temperatures (up to 1473 K) and high pressures (1.8-4.7 GPa) using a deformation DIA (D-DIA) apparatus combined with synchrotron X-ray radiation. Orthoenstatite aggregates, fabricated from powdered natural single crystals, were fired under controlled oxygen fugacity conditions near the FMQ-buffer to remove dissolved water in the samples. Applied differential stress and axial strain were measured using monochromatic X-ray diffraction patterns of orthoenstatite and radiograph images, respectively.

At a constant strain rate ranging from 7.7×10^{-6} to 5.2×10^{-5} s^{-1} , a steady-state creep strength (200-1200 MPa) was achieved at a strain higher than 4% during the uniaxial compression. The water content of samples was mostly less than 50 ppm (H/Si) through a sample deformation. Steady-state creep strength at each experimental conditions followed the power-law dislocation creep with the stress exponent n~3. TEM observations showed development of dislocations with the Burgers vector of either [001] or [0kl] in the recovered samples. The n and the activation energy (Q^* ~170 kJ/mol) , and Burgers vector determined in this study are comparable to those for the [001](010) slip system of dry orthoenstatite (Ohuchi et al., 2011). Viscosity of dry orthoenstatite is ~10 times lower than that of dry olivine (calculated from the flow law by Karato and Jung, 2003) under our experimental conditions (in the case of uniform stress at lithospheric conditions), suggesting that operation of plate tectonics is possible if the strength of a subducting slab is controlled by orthoenstatite.

キーワード：変形実験、斜方輝石、転位クリープ、リソスフェア
Keywords: Deformation experiments, Orthoenstatite, Dislocation creep, Lithosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_36

[S-CG54] 地球惑星科学におけるレオロジーと破壊・摩擦の物理

コンビーナ:田阪 美樹(島根大学)、桑野 修(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)、清水 以知子(京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)、石橋 秀巳(静岡大学理学部地球科学専攻)

変形・流動・破壊の物理という観点から固体地球惑星科学全体を見渡し、各専門領域・対象・手法を越えて研究者が集い議論することにより、問題を掘り下げ、地球惑星ダイナミクスについての理解を深めたい。表層・地殻・マントルからマグマに至るまで、地震・火山・深部・浅部・他の惑星・衛星における変形・流動・破壊について、室内実験・数値実験・理論・観測・フィールド観察などにもとづいたさまざまな研究を歓迎する。

[SCG54-P01] 第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点)

[SCG54-P02] 粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2] (1.スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2.国立研究開発法人　海洋開発研究機構)

[SCG54-P03] Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1] (1.東北大学東北アジア研究センター)

[SCG54-P04] 富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレ―サイト状組織

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3] (1.静岡大学理学部地球科学専攻、2.産業技術総合研究所地質調査総合センター、3.東京大学地震研究所)

[SCG54-P05] Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1]、Miki Takahashi[2]、Jin-Han Ree[1]、Haemyeong Jung[3] (1.Korea University、2.Geological Survey of Japan, AIST、3.Seoul National University)

[SCG54-P06] 流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1] (1.北海道大学)

[SCG54-P07] 三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1] (1.京都大学理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG54-P08] 島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1] (1.島根大学)

[SCG54-P09] 粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1] (1.東京大学地震研究所)

[SCG54-P10] オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1] (1.東京大学地震研究所、2.国立研究開発法人物質・材料研究機構)

[SCG54-P11] Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1] (1.愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.高輝度光科学研究センター)

第一原理計算による層状鉱物gibbsiteの摩擦特性の研究
First-principles study on frictional characteristics of gibbsite

*奥田 花也[1]、河合 研志[1]、佐久間 博[2]
*Hanaya Okuda[1], Kenji Kawai[1], Hiroshi Sakuma[2]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構機能性材料研究拠点
1. Department of Earth and Planetary Science, School of Science, University of Tokyo, 2. Research Center for Functional Materials, National Institute for Materials Science

層状の結晶構造を持つ層状鉱物は断層の剪断部に多く存在することが知られている(e.g. Chester et al., 2013)。層状鉱物は一般的な岩石に比べて低い摩擦係数を持ち、かつ鉱物種によって多様な摩擦係数を示すことから、層状鉱物の摩擦特性は断層のすべり挙動を支配していると考えられている(Byerlee, 1978; Moore & Lockner, 2004)。この低く多様な層状鉱物の摩擦特性は、原子スケールの真実接触面を考え、層状鉱物の層間における剪断時のポテンシャルエネルギー変化と物質の降伏強度から理論的に推測できることがSakuma et al. (2018)やOkuda et al. (submitted)によって近年示唆されている。

本研究では水酸化マグネシウムの層状鉱物bruciteと水酸化アルミニウムの層状鉱物gibbsiteの摩擦特性に着目する。Moore & Lockner (2004)の摩擦実験ではbruciteの摩擦係数は0.42でかつstick-slipを示す一方、gibbsiteの摩擦係数は0.75で定常すべりを示す。この二つの鉱物はそれぞれMgO_6とAlO_6の八面体が二次元平面に広がった層(八面体シート)を形成する層状結晶を成し、共にほぼ同じような結晶構造を示す(図1)。その違いはMgとAlの価数の違いに伴ってbruciteが八面体シート中に空席を持たないのに対し、gibbsiteは八面体シート中に1/3の空席が存在することである(図2)。この二種類の八面体シートは層状珪酸塩の基本構造であり、八面体シートの結晶構造の違いが摩擦特性に与える影響を調べることは層状鉱物の摩擦特性の支配要因を明らかにする上で重要である。発表者はこれまでbruciteの摩擦特性について理論的な研究を行ってきた(Okuda et al., submitted)。本研究ではgibbsiteにおいて層間における原子スケール摩擦特性を密度汎関数法に基づく第一原理電子状態計算を用いて計算し、bruciteとの比較を行った。

予察的な結果においては、原子スケールにおいてgibbsiteはbruciteより低い剪断応力で剪断することが可能であることが明らかとなった。これは八面体シート中の空席の存在により、八面体シートから伸びるOH基の角度が大きく変化することが可能であることにより、gibbsiteの方がbruciteより剪断時にエネルギー的に安定な構造を容易に取りやすいことに起因している。またgibbsiteの降伏強度はモース硬度から推定すると1~2 GPaである(Mehrotra et al., 2015; Broz et al., 2006)。これはbruciteの降伏強度4.0 GPa (Okuda et al., submitted)と比べて小さい。摩擦の凝着説を考えると、この小さい降伏強度は摩擦係数を大きくする効果を持つ。発表においては原子スケール摩擦特性の定量的な議論および降伏強度を考慮したマクロな摩擦特性の推定を行い、bruciteとgibbsiteの摩擦特性の違いが何によって支配されているかについて議論を行う。

キーワード：層状鉱物、結晶構造、摩擦特性、Gibbsite、第一原理計算
Keywords: Sheet-structure minerals, Crystal structure, Frictional characteristics, Gibbsite, First-principles calculation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Figure 1

Gibbsite ($Al(OH)_3$)

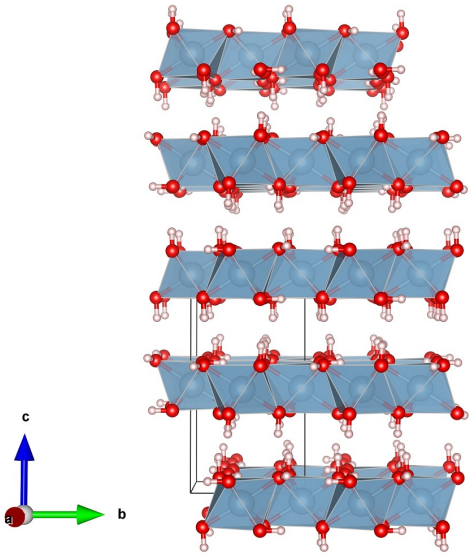
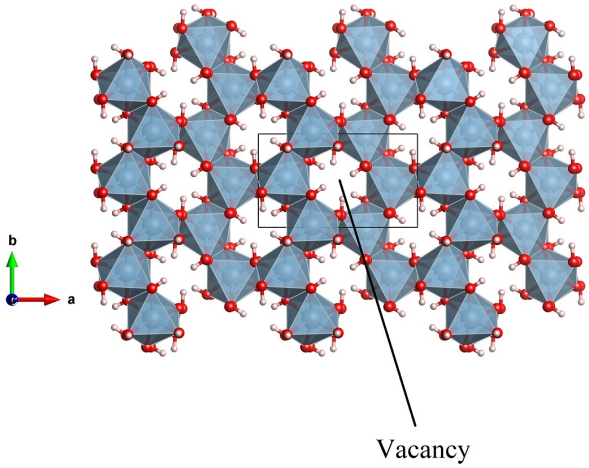
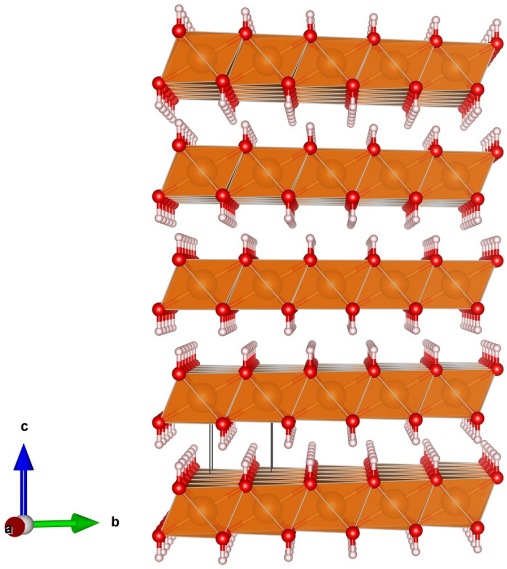
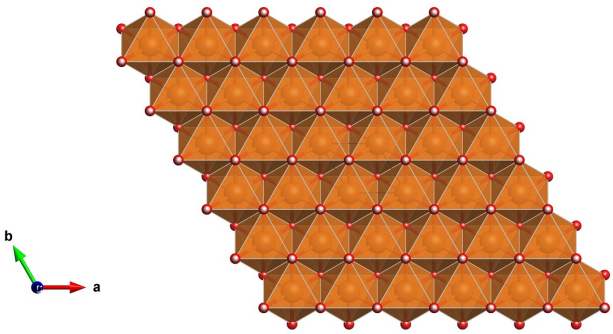


Figure 2



Brucite ($Mg(OH)_2$)





©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒子画像分析法による粉砕粒子の粒子サイズおよび粒子形態特性評価に関する可能性検討(4)

Feasibility Study of Morphological Characterization to Comminuted Particles by A Particle Characterization Approach (4)

*笹倉 大督[1]、桑野 修[2]
*Daisuke Sasakura[1], Osamu Kuwano[2]

1. スペクトリス株式会社　マルバーンパナリティカル事業部、2. 国立研究開発法人　海洋開発研究機構
1. MalvernPanalytical Japan ,Div of Spectris Co.Ltd,., 2. JAMSTEC

断層破砕帯は過去の断層破壊による粉砕、摩耗によってできた断層ガウジと呼ばれる粒子でみたされている。断層ガウジの粒子サイズ分布や粒子形状は、断層の摩擦強度に影響すると考えられる。また、それらの粒子形態情報は、過去の断層活動による破砕の様式や度合いを知る手掛りになるだろう。断層破砕帯における粒子サイズ分布はべき分布となることが知られており、べき指数は破砕の様式や進行度を反映していると考えられている。今回、粉砕の度合いと粒子サイズおよび形状の関係を調べるために、模擬粒子を用いた剪断粉砕実験を行ったので報告する。剪断粉砕実験は回転式剪断試験機を用いて、変位10mmから1mの範囲で行った。所定の変位量まで剪断した実験後の試料は回収後、乾式粒子画像分析装置Morphologi G3-SE(MalvernInstruments)を用いてサイズ分布および形状を測定した。異なる倍率の対物レンズを用いた、異なるサイズ計測範囲のデータを結合することで粒子径1μm-10mmの幅広い範囲でのサイズ分布を得た。測定の結果、変位量の増加とともに小粒径側から指数-1のべき分布が発達していくことが明らかになった。サイズ分布、形状測定の結果から、粉砕様式の変化について議論する。

キーワード：断層ガウジ、粒子サイズ、粒子形状、粉砕、フラクタル分布
Keywords: Fault gouge, Particle size, Particles Shape, Commutation, Fractal Distributions

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheological property of basaltic lava at rigid-deformable transition

*後藤 章夫[1]
*Akio Goto[1]

1. 東北大学東北アジア研究センター
1. Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University

The viscosity of Izu Oshima basaltic lava flows, effused from summit crater in 1950-1951 and 1986 eruptions, were estimated from slope angle, thickness and surface velocity with supposed density of the flowing lava (Murauchi, 1950; Minakami, 1951; Shirao, 1986). They seem to be curious in that the viscosity of 1950 lava changed over two orders within 15 ˚C (1.7×10^4 Pa s at 1063 ˚C and 3.3×10^6 Pa s at 1048 ˚C), and 1950 lava at 1048 ˚C had over two orders higher viscosity than 1951 lava at 1038 ˚C (2.3×10^4 Pa s). Minakami (1951) also pointed out that the viscosity from field observation were several tens times higher than the measured viscosity in laboratory by Kani (1934). To solve these paradoxical observation results uniaxial compression viscometry was performed for 1986 LC lava cored cylindrically with 15 mm diameter and 30 mm high (Goto, 2017, JpGU meeting). Contrary to the expectation before the experiment that the viscosity decreases continuously with increasing temperature, the lava became deformable drastically at around 1100 ˚C, which did not seem to be by fluidization but by brittle failure; the middle of the cylindrical core was crushed and their surface skin was pushed out brittly. Below this temperature viscosity changed continuously with temperature, although they were almost at solid state range and much higher than the observed viscosity. These rheological properties were common for other Izu Oshima lavas: 1777 pahoehoe, 1950 aa and two types of 1951 pahoehoe (Goto, 2018, VSJ Fall meeting). A new question arose whether these properties were also common for other basaltic lavas. To confirm it Miyake-jima 1983 lava and Mt. Fuji Kemnarubi 1 (porphyritic) and 2 (aphyric) lavas were newly used for uniaxial compressional viscometry.

Similar deformation was seen for Miyake-jima and Mt. Fuji basaltic lavas, indicating that brittle behavior is common for most, if not all, basaltic lava when the drastic deformation occurs. As was also seen for Izu Oshima lavas the highly deformed sample had enough strength not to separate into pieces after the experiments, indicating melt phase surely existed. Melt composition analysis was impossible for Izu Oshima samples after the uniaxial compression experiments due to dendrite crystallization during cooling (10 ˚C/min); alternatively samples quenched after annealing was used for melt composition analysis to calculate the viscosity using the model by Giordano et al. (2008). The melt phase viscosity scattered within few orders even in each sample, i.e., at the same annealed temperature, due to the variation of the melt composition, and was almost similar with or within few orders higher than the viscosity observed by Murauchi (1950) and Minakami (1951) at the same temperature range. If 1 wt% water was supposed 2 orders viscosity decrease was expected, but high crystallinity (e.g., 50 vol% at 1105 ˚C and 78 vol% at 1095 ˚C in annealed sample) might compensate the viscosity decrease by water or rather heighten the bulk viscosity than observed lava flow viscosity. The mechanism of brittle deformation is not interpreted yet, but high mobility after the brittle deformation may sustain the low bulk viscosity of lava flow, and variation of melt composition at the same temperature may be the source of the above mentioned curious observed viscosity.

Acknowledgements

Mt. Fuji Kenmarubi lavas were provided by Dr. M. Yoshimoto in Mount Fuji Research Institute. This study

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

is supported by grant in aid for cooperative work from Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

キーワード：玄武岩質溶岩、粘性係数、脆性破壊
Keywords: basaltic lava, viscosity, brittle failure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

富士山宝永噴火の斑レイ岩捕獲岩に見られるカタクレーサイト状組織
Cataclasitic texture in gabbroic xenoliths of the Fuji 1707 eruption, Japan

*石橋 秀巳[1]、針金 由美子[2]、安田 敦[3]、外西 奈津美[3]
*Hidemi Ishibashi[1], Yumiko Harigane[2], ATSUSHI YASUDA[3], Natsumi Hokanishi[3]

1. 静岡大学理学部地球科学専攻、2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター、3. 東京大学地震研究所
1. Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Earthquake Research Institute, University of Tokyo

富士山で最新の噴火である1707年宝永噴火の噴出物中には，粒間メルトを含む斑レイ岩が捕獲岩としてしばしば含まれている．このような斑レイ岩捕獲岩は，マグマだまり内部でおこる諸現象の直接的情報源として重要である．今回，この斑レイ岩捕獲岩を300試料あまり観察した中で，カタクレーサイト状組織を示すものを複数発見した．斑レイ岩のカタクレーサイトがマグマに捕獲されるということは，富士山の地下でマグマ供給系と断層が互いに切り合っている可能性を示唆する．そこで本研究では，このカタクレーサイト状組織の特徴について観察・記載するとともに，構成鉱物の化学組成を分析も行い，この組織の形成過程について検討した．

本研究で確認したカタクレーサイト状組織は，主に破砕岩片と細粒基質部から構成され，破砕岩片ないしは未破砕部と細粒基質部の割合にはバリエーションが見られた．一部の斑レイ岩試料に破砕流動に伴う面構造が発達していた．構成鉱物組み合わせは，斜長石＋オリビン＋輝石＋磁鉄鉱＋イルメナイトで，粒間にガラスがしばしば確認できる．この組み合わせは，未変形の斑レイ岩捕獲岩試料と同一である．未変形の斜長石には波動消光はほとんど確認できないが，細粒部の斜長石には波動消光が確認できる．未破砕部には割れ目が発達しており，これにしばしばメルトが浸透している．また，オリビンとこのメルトの間には輝石の反応縁が発達している．

未破砕部の割れ目に浸透したメルトの化学組成はSiO_2～75wt.%の流紋岩質であり，宝永噴火で噴出したメルト組成とは異なる．このことから，このメルトは捕獲岩の母岩メルト由来ではない．また鉱物組み合わせから，変形に伴う溶融起源とも考えにくい．一方で，カタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩中の斜長石に含まれるメルト包有物には，同等の化学組成のものが確認できることから，破砕組織形成時に近傍に存在していたメルトが浸透したものと考えられる．元素拡散の比較的速いFeTi酸化物の化学組成から見積もった温度と斜長石-メルト共存関係から制約したメルト含水量条件はそれぞれ～800 ℃と～8 wt.%であり，これはカタクレーサイト状組織を持たない斑レイ岩捕獲岩について見積もられた条件と同等であった．このメルト含水量から見積もられるH_2O飽和圧力は～290 MPaで，これは深さ約11 ㎞に相当する．この結果から，このカタクレーサイト状組織は，深さ11 ㎞以深のメルト共存下でおこったせん断変形によって形成したと考えられる．

このカタクレーサイト状組織を形成した原因の候補として，富士山南西麓に存在する断層が考えられる．2011年3月15日に発生した静岡東部地震の余震域は，宝永火口直下の深さ5-15㎞の領域を端点として南西方向へと広がることから，この断層はその北東端においてマグマ供給系と交差していた可能性がある．しかしこの場合，岩石の温度が～800 ℃と高温であることから，カタクレーサイトの形成に必要な大きい歪速度が実現できるか疑問が残る．他の可能性として，マグマの供給・噴火やクリスタルマッシュの圧密に伴うマグマだまりの変形が考えられる．この際に歪が集中して小断層が形成され，その運動に伴ってカタクレーサイト状組織が局所的に形成した可能性がある．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：斑レイ岩、カタクレーサイト状組織、捕獲岩、富士火山
Keywords: Gabbro, Cataclasitic texture, xenliths, Fuji volcano

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Heterogeneous deformation and intragranular recrystallization in experimentally deformed fossil-bearing limestone

*Nahyeon Kim[1], Miki Takahashi[2], Jin-Han Ree[1], Haemyeong Jung[3]

1. Korea University, 2. Geological Survey of Japan, AIST, 3. Seoul National University

Deformation of rocks is heterogeneous particularly when constituent minerals have significant difference in crystallography and/or grain size. Recrystallized grains usually develop from the intragranular region of calcite porphyroclasts in natural shear zones, leading to grain-size reduction and thereby causing rheological change of deforming. However, detailed processes of the intragranular recrystallization and microfabric evolution still remain unclear. To investigate the intragranular recrystallization processes we performed experimental deformation on fossil-bearing limestone using triaxial testing machine. The fossils in the limestone are mainly crinoids and trilobites. The crinoids mostly occur as monocrystalline calcites with larger grain size (700 μm) than that of the matrix (tens μm). In contrast, the trilobites occur as polycrystalline calcites with their grain size (7 μm) much finer than that of matrix. The experiments were performed at temperatures of 500 ~700 ℃, strain rate of 10^{-4}~10^{-5} s^{-1}, confining pressure of 200 MPa and axial strain of up to 30 %. Our strain analyses show that bulk strain is more accommodated in the fine-grained calcites with increase in temperature. In deformed fine-grained calcites of trilobites, fabric strength becomes much weaker with increasing temperature and some grain growth occurs forming equant shape of grains with straight boundaries. These suggest that intergranular process is important in fine-grained calcites of trilobites. In contrast, dynamic recrystallization occurs within the monocrystalline fossil domain of deformed crinoids. The recrystallized grains develop along or near e-twin boundaries and have similar grain size to that of the subgrains (30 μm) formed adjacent to e-twin boundaries. There is a strong correlation of misorientation distribution between the recrystallized grains and e-twin boundaries, suggesting that the intragranular recrystallization in the crinoid fossil is dominated by rotation recrystallization along e-twin boundaries, resulting in misorientation inheritance from the e-twin boundaries. Thus, e-twin boundaries play an important role in intragranular recrystallization processes and grain-size reduction of deforming calcites.

Keywords: Rock deformation, Fossil-bearing limestone, Intragranular recrystallization

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

流体包有物の残留圧力の鉱物種・サイズ依存性を利用した地質圧力計の開発

Development of the geobarometer using size and mineral species dependence of residual pressure of fluid inclusions

*萩原 雄貴[1]、山本 順司[1]
*Yuuki Hagiwara[1], Junji Yamamoto[1]

1. 北海道大学
1. Hokkaido University

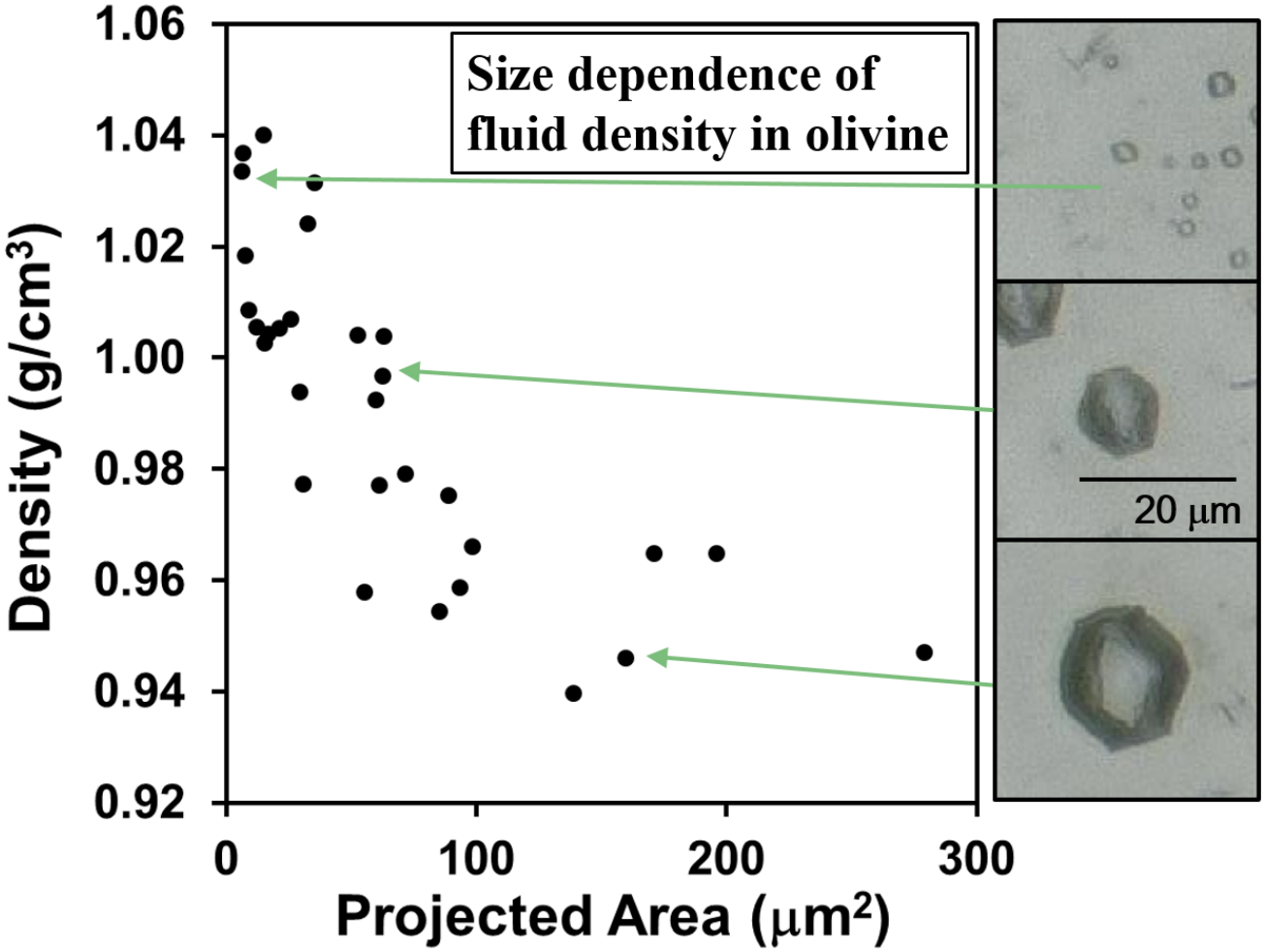
マントル捕獲岩の由来深度やマグマの上昇過程を推定するために，流体包有物の残留圧力は有益な情報源である (Levresse et al. 2016; Oglialoro et al. 2017)．本手法は鉱物種を選ばないため，鉱物の組成を用いた従来の地質温度圧力計が使えない岩石にも適用可能である．更に，周囲の温度や圧力変化への応答が早いため，短い時間スケールの現象を追跡可能である．残留圧力の鉱物種依存性 (Yamamoto et al. 2008) やサイズ依存性 (Campione 2018) の存在が指摘されているが，その地球科学的意義についてよく分かっていない．そこで本研究ではマントル捕獲岩中の様々なサイズや鉱物種中の流体包有物の残留圧力をラマン分光分析により測定し，地質温度計・地質圧力計・上昇速度計としての利用可能性を議論する．

Campione (2018) によると，流体包有物は小さいほど流体圧の保持能力が高いため，流体包有物の残留圧力を利用した岩石の由来深度推定のためにはサブミクロン程度の径を持つ流体包有物が最も信頼できる．しかし，流体が相変化する温度から残留圧力を推定する従来の手法 (マイクロサーモメトリー) では通常5 μm以下の流体包有物の残留圧力の測定は困難である (Hurai et al. 2015)．そこで近年，CO_2のラマンスペクトルの2つの大きなピーク (ν_1–2 ν_2 fermi resonance) の波数差 (Δ) が圧力に敏感であることを利用し，pure CO_2に利用可能な圧力計の改良開発が進んでいる (e.g. Hagiwara et al. 2018) ．しかし，ΔはH_2OとCO_2の相互作用の影響を受ける可能性があるため，圧力計の確立にはCO_2のラマンスペクトルへのH_2Oの影響を厳密に調べる必要がある．現に，CO_2–N_2系やCO_2–CH_4系では組成や圧力に依存してスペクトルのエリアやピーク位置が大きく変わることが指摘されている (Seitz et al. 1996; Lamadrid et al. 2018) ．そこで，著者らは本手法をマントル捕獲岩の流体包有物に普遍的な組成であるH_2O–CO_2系へ拡張可能であることを実験的に確認し，マントル捕獲岩中のサブミクロン程度~10 μmの流体包有物の残留圧力の測定を行った．流体の測定には励起光として半導体レーザー (532 nm)，対物レンズ×50 (LUPlan; Nikon; N.A=0.9)，グレーティングは 1800 本/mm，検出器として 1650×200 ピクセル (16 μm角) の CCD 素子を用いた．また，流体包有物の形状の測定はデジタル顕微鏡 (VHX-5000; Keyence Co.) の対物レンズ2000× (VH-ZST; Keyence Co.) を利用した．流体包有物の輪郭は輝度のコントラスト差を利用して自動的に測定を行った．

測定結果から，流体包有物の残留圧力は流体包有物の径に依存して系統的に変化し，流体包有物の径が小さいほど高圧を保持していることが分かった．更に，流体包有物が小さいほど高圧である傾向は同じだが，鉱物種によって保持する残留圧力の絶対値が異なることも分かった．これらのデータに基づき，流体包有物の残留圧力のバリエーションがもたらされる原因について議論する．

キーワード：流体包有物、ラマン分光法、地質圧力計、マントル捕獲岩
Keywords: Fluid inclusion, Raman spectroscopy, Geobarometer, Mantle xenolith

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

三波川変成帯四国地域の石英の微細構造とmisorientation解析
Microstructures and misorientation analysis of quartz in the Sanbagawa metamorphic belt, Shikoku, Japan

*上田 匡将[1]、清水 以知子[1]
*Tadamasa Ueda[1], Ichiko Shimizu[1]

1. 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

三波川変成帯汗見川ルートの石英粒子は、変成度に関係なく亜結晶粒回転とひずみ駆動の粒界移動の微細構造を示すことが明らかにされている（上田・清水、2018 JpGU）。本研究では、先行研究で得られた電子線後方散乱回折（EBSD）マップを用いて、片岩中の亜結晶粒回転プロセスを調べるために石英の結晶内misorientationを精査した。

全データから単一粒子内の境界を抽出するために、マッピングステップサイズの約9倍より大きく、互いに接触していない粒子のデータセットを作成した。粒子は、ドフィーネ双晶境界を除いた12°以上の境界を粒界として粒認識した。粒子の抽出は、データセットの合計が石英領域の>~80%をカバーし、データセット内に石英粒子が重複しないように各薄片について複数回行った。ドフィーネ双晶型のmisindexed粒子に起因する境界を除去するために、ドフィーネ双晶境界を除外せずに粒認識した際に生じるマッピングステップサイズの５倍以下の粒子をデータセットから除外した。

変成度に関わらず以下の特徴が示された。Misorientation角度分布は低角度（<10°）と60°に二つのピークを示す。 30~40°のmisorientationを有する境界はほとんど存在せず、65°を超えるmisorientationを有する境界は存在しない。misorientationの頻度は、低角から約30°まで徐々に減少し、約45°から60°まで徐々に増加し、60°を超えると急速に減少する。結晶座標系において、<~12°のmisorientation回転軸の分布はc軸付近に弱い集中を示し、m面に対しての極付近に集中を示さない。一方、大部分の試料は面構造に垂直に近い方向にc軸の集中を示す。低角回転軸がc軸付近に集中することと比較して、約15-40°の回転軸分布は、c軸方向から外れた集中を示す傾向がある。45~65°の回転軸分布はc軸方向に強い集中を示す。c軸が面構造に垂直な粒子はc軸が面構造並行で線構造に垂直な粒子よりも低角境界回転軸のc軸方向への集中が弱い傾向にあるが、結晶座標系における回転軸分布の全般的な特徴は変わらない。試料座標系において、石英粒子の短軸が面構造に対してほぼ垂直である試料に関しては、<~12°の回転軸分布は面構造平行で線構造垂直な方向に弱い集中を示す。石英粒子の短軸が面構造に対して比較的低角である試料において、<~12°の回転軸は石英短軸と線構造にほぼ垂直な方向に弱く集中している。

Misorientation角度分布および回転軸分布は、亜結晶粒回転のみによって形成された境界のmisorientationが~40°未満であり、~45-60°の高角境界がドフィーネ双晶および亜結晶粒回転の組み合わせによって形成されたことを示している。一般にbasal-aすべり系の活動として解釈される面構造垂直なc軸集中をほとんどの試料が示すことを考慮すると、低角境界回転軸のc軸方向への集中は解釈が難しい。しかし、亜結晶粒界が転位の焼きなまし構造であり、定常変形を受けている結晶中の転位の大部分は一般に林立転位であると考えられることを考慮すると、以上のmisorientationの特徴とbasal-aすべりを示すc軸構造の共存は正当化されうる。亜結晶粒界の回転軸は、主すべり系よりもむしろ補助的なすべり系を示すのかもしれない。

キーワード：石英、転位クリープ、EBSD、亜粒回転、三波川変成帯、ミスオリエンテーション解析

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: Quartz, Dislocation creep, EBSD, Subgrain rotation, Sanbagawa metamorphic belt, Misorientation analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

島根県野山岳に産するかんらん岩捕獲岩の微細構造解析と化学組成分析～日本海拡大時の組織？～

Microstructural & petrological analysis of peridotite xenolith in Noyama-dake, Shimane prefecture ~ implication of plastic deformation during Japan sea opening

*田阪 美樹[1]、稲川 駿介[1]
*Miki Tasaka[1], Shunsuke Inagawa[1]

1. 島根大学
1. Shimane University

西南日本内帯に分布する新生代アルカリ玄武岩中には、しばしば地殻・マントル由来の捕獲岩が含まれる。本研究地域である島根県野山岳の玄武岩中には数cm~10cm程度の大きさの捕獲岩が確認できる。これらの捕獲岩を用いた岩石学的な研究は行われてきたが(平井, 1983: Abe et al., 2002: Abe and Arai, 2005)、詳細な微細構造解析は行われていない。そこで本研究は野山岳のかんらん岩捕獲岩を用いた微細構造解析と化学組成分析を行い、背弧地域の変形履歴と火成活動の関係を明らかにすることを目的とする。

薄片観察と微細構造解析より捕獲岩の岩石組織を①粗粒等粒状組織(粒径~1mm)、②細粒組織 (~50um)、③大小様々な粒径を含む組織にグループに分類した。結晶方位定向配列(EBSD法)の解析から①中粒等粒状組織と②細粒組織において、ある一定方向にかんらん石の結晶方位が集中している様子や、もとのかんらん石巨晶の方向を保存しながらの動的再結晶しているかんらん石が確認できた。③の大小様々な粒径を含む組織のグループは大きなかんらん石が直線的に割れ、その中にメルトが貫入している組織や、直線的に割れたかんらん石巨晶の間に小さなかんらん石が再結晶している組織が見られた。

かんらん石とスピネルの化学組成分析より、①粗等粒状組織はマントル起源の溶け残り岩であるのに対し、②細粒組織と③大小様々な粒径を含む組織はマグマ起源の集積岩であった。また、斜方輝石-単斜輝石温度計を用いた平衡温度は1200℃程度でありスピネル・レルゾライトが安定領域の圧力で比較的高い温度の条件で化学平衡にあったと示唆された。

上記の結果から、7.3 Maに野山岳玄武岩が噴火する前、野山岳直下は高地温勾配で多様な応力下でかんらん岩が塑性変形する条件にあったと考えられる。これは15Maごろに最も活発化した日本海拡大に起因するものではないかと考えた。またマグマ噴火時の流体圧によりかんらん石巨晶が脆性・塑性変形し、野山岳を作る玄武マグマの噴火が爆発的なものであったことが示唆される。

キーワード：かんらん岩捕獲岩、日本海拡大
Keywords: peridotite xenolith, Japan sea opening

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

粒界の熱力学モデルによる2成分共融系の粒界プレメルティング
Thermodynamic approach to grain boundary premelting in a binary eutectic system

*角田 明博[1]、武井 康子[1]、山内 初希[1]
*Akihiro Tsunoda[1], Yasuko Takei[1], Hatsuki Yamauchi[1]

1. 東京大学地震研究所
1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

硬いリソスフェアの下に柔らかいアセノスフェアが存在するという描像はプレートテクトニクスの基礎を成している。従来、アセノスフェアの柔らかい物性は岩石が部分融解することに起因すると考えられてきた。しかし、岩石のアナログ物質の融点近傍における非弾性を測定した実験において、融点直下でも顕著な非弾性緩和と粘性クリープの増加がみられることがわかった(Yamauchi and Takei, 2016)。非弾性は粒界滑りに、粘性は粒界拡散に関係しているため、これらの物性変化は、融点直下で粒界の性質が変化することを示唆している。つまり、アセノスフェアの柔らかさがメルトではなく粒界の物性変化によって説明できる可能性がある。しかしその物理メカニズムはよく分かっていない。

物質科学や物理の分野では、融点直下で粒界の無秩序化が生じることが知られており、粒界プレメルティングと呼ばれている。上述した実験の結果は、粒界プレメルティングによってよく説明できると期待される。そこで本研究では、これらの分野で提案されているモデルを用いて、マントルで粒界プレメルティングが生じている可能性やその岩石物性への影響を調べることを目指している。

本研究ではフェーズフィールドモデルと呼ばれる熱力学モデルを用いる。このモデルは、相境界を含むような不均質な系の自由エネルギーを現象論的に与えるモデルである。本研究ではまず、Yamauchi and Takei (2016) で岩石アナログ物質として用いた2成分共融系に注目する。Tang et al. (2006) は、2成分共融系の粒界が、組成、結晶方位、結晶度(又は秩序変数)の3つのパラメータを用いて記述できることを示し、粒界の自由エネルギーを3つのパラメータで表したフェーズフィールド モデルを提案した。この自由エネルギーが最小となる条件を求めることで熱力学的に安定な粒界の組成や結晶度を得ることができる。融点近傍における粒界組成と粒界結晶度を温度の関数として計算することで粒界プレメルティングを理解することを試みた。さらに2成分それぞれの融点、融解エンタルピー、粒界における結晶方位差などのパラメータが粒界の状態の温度変化に与える影響について考察を行った。

キーワード：プレメルティング、フェーズフィールドモデル
Keywords: premelting, phase-field model

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

オリビンの硬さと破壊靭性におけるサイズ効果
Size effects on hardness and fracture toughness of olivine

*小泉 早苗[1]、鈴木 達[2]、平賀 岳彦[1]
*Sanae Koizumi[1], Tohru S Suzuki[2], Takehiko Hiraga[1]

1. 東京大学地震研究所、2. 国立研究開発法人物質・材料研究機構
1. Earthquake Research Institute,The University of Tokyo, 2. National Institute for Materials Science

We conducted Vickers indentation tests on Fe-free (Mg_2SiO_4) and Fe-bearing ($Mg_{1.8}Fe_{0.2}SiO_4$) olivine. Their single crystals and highly-dense polycrystalline materials with various average grain sizes (d) from 170 to 890 nm were tested. The largest Vickers microhardness (H_v) of 18 GPa at the lowest load of 0.1 N, which corresponds an indentation depth (h) of 0.6 μm was measured from the polycrystalline material with the finest grain size. The H_v decreases with increasing d and h, both of which are represented by $H_v \propto l^x$ where l corresponds to both sizes with a common x value of ~0.09. The relationship no longer holds at of > 4 μm and of > 1 μm where H_v take constant values of ~9.5 and ~8 GPa for Fe-free and Fe-bearing olivine, respectively. Fracture toughness (K_{IC}) measured from indentation diagonal size and length of cracks radiated outward from the indentation corners is ~0.8 MPa・$m^{1/2}$ for the polycrystalline materials, whose value does not change with the applied load, and olivine chemistry and grain size. The single crystals exhibit lower and orientation dependent toughness from 0.4 to 0.7 MPa・$m^{1/2}$.

キーワード：オリビン、硬さ、破壊靭性、圧入サイズ効果、粒径効果
Keywords: Olivine, Hardness, Fracture toughness, Indentation size effect, Grain size effect

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Dislocation creep of dry orthoenstatite aggregates under high *P-T* conditions

*坪川 祐美子[1]、大内 智博[1]、肥後 祐司[2]、丹下 慶範[2]、入舩 徹男[1]
*Yumiko Tsubokawa[1], Tomohiro Ohuchi[1], Yuji Higo[2], Yoshinori Tange[2], Tetsuo Irifune[1]

1. 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 高輝度光科学研究センター
1. Ehime University Geodynamics Research Center, 2. Japan Synchrotron Radiation Research Institute

Large-scale tectonic processes such as subduction of slabs depend critically on the rheological behaviour of major mantle minerals. Because olivine is the most dominant mineral under the lithospheric conditions, viscosity of dry olivine have been considered to control the strength of the oceanic lithosphere. However, this assumption needs to be reconsidered because olivine is too strong to allow the operation of plate tectonics (Kohlstedt et al., 1995). Ohuchi et al. (2011) showed that orthoenstatite, the second most abundant mineral, could be much weaker than olivine at lithospheric temperatures. Creep strength of polycrystalline orthoenstatite needs to be considered when we discuss the strength of lithosphere because mechanical data on single crystals give the upper/lower limits of the strength of orthoenstatite.

In order to determine the flow-law parameters for dislocation creep of orthoenstatite under the lithospheric conditions, deformation experiments of dry orthoenstatite aggregates were conducted at high temperatures (up to 1473 K) and high pressures (1.8-4.7 GPa) using a deformation DIA (D-DIA) apparatus combined with synchrotron X-ray radiation. Orthoenstatite aggregates, fabricated from powdered natural single crystals, were fired under controlled oxygen fugacity conditions near the FMQ-buffer to remove dissolved water in the samples. Applied differential stress and axial strain were measured using monochromatic X-ray diffraction patterns of orthoenstatite and radiograph images, respectively.

At a constant strain rate ranging from 7.7×10^{-6} to 5.2×10^{-5} s^{-1} , a steady-state creep strength (200-1200 MPa) was achieved at a strain higher than 4% during the uniaxial compression. The water content of samples was mostly less than 50 ppm (H/Si) through a sample deformation. Steady-state creep strength at each experimental conditions followed the power-law dislocation creep with the stress exponent n~3. TEM observations showed development of dislocations with the Burgers vector of either [001] or [0kl] in the recovered samples. The n and the activation energy (Q^* ~170 kJ/mol) , and Burgers vector determined in this study are comparable to those for the [001](010) slip system of dry orthoenstatite (Ohuchi et al., 2011). Viscosity of dry orthoenstatite is ~10 times lower than that of dry olivine (calculated from the flow law by Karato and Jung, 2003) under our experimental conditions (in the case of uniform stress at lithospheric conditions), suggesting that operation of plate tectonics is possible if the strength of a subducting slab is controlled by orthoenstatite.

キーワード：変形実験、斜方輝石、転位クリープ、リソスフェア
Keywords: Deformation experiments, Orthoenstatite, Dislocation creep, Lithosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_21

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ

ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、

4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明
Three-dimensional imaging of geo-fluid distribution at NE-Japan forearc using wideband magnetotelluric measurements

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3]
*Masato Fukai[1], Yasuo Ogawa[1], Kuo Hsuan Tseng[1], Masahiro Ichiki[2], Shinichi Takakura[3]

1. 東京工業大学、2. 東北大学、3. 産業技術総合研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

東北日本弧において，ユーラシアプレートに沈み込む太平洋プレートは古くて厚いため低温であり，バサルトーエクロジャイト相転移は深度100km程度で起こる．脱水反応で放出された水は蛇紋岩を形成し，それによって深部まで運ばれる．深度150km程度で蛇紋岩は分解し，水は浮力によりマントル内を上昇する．そのため，東北日本前弧ではスラブの鉱物脱水によって生じた水の上昇は存在しないと考えられている（Kazahaya et al.,2014）．これとは対照的に，東北日本前弧の地震トモグラフィー（Zhao et al.,2014）は，”Water wall”と呼ばれる，スラブからの上昇する流体を示唆する低速度領域を解析している．本研究では、北上山地におけるマグネトテルリック観測により，前弧の上昇する流体分布を3次元電気伝導度構造から拘束することを目的とした．我々のモデルでは，深部からの流体の上昇を示す低比抵抗の分布は，Zhao et al.(2014)のP波低速域に対応して解析されていない．しかし，鉛直状の低比抵抗は火山フロントから前弧に向かって解析された．導体は火山フロントの30 km東の10-40 kmの深さに広がっている．この低比抵抗は，低速度領域の分布とよく一致しています（Zhao et al.,2014; Okada et al.,2015）．火山フロントの東の低比抵抗は，最上部マントルから中部地殻までほぼ垂直に連続している．したがって，これは，マントルフローに乗った流体が前弧の最上部マントルまで到達し，地殻内に流体を放出していることを示している可能性がある．

キーワード：地殻流体、東北日本前弧、地磁気地電流法
Keywords: geofluid, NE Japan forearc, magnetotelluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造
Elastic wave velocity and electrical conductivity in brine-saturated rocks and microstructure of pores

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1]
*Arina Tomioka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. University of Toyama

Geophysical mapping of fluids is critical for understanding crustal processes. Seismic velocity and electrical resistivity structures have been studied to reveal the fluid distribution. However, the fluid distribution has been still poorly constrained. Observed velocity and resistivity should be combined to make a quantitative inference on fluid distribution. The combined interpretation requires a thorough understanding of velocity and resistivity in fluid-saturated rocks. We have made measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity in brine-saturated rocks under confining pressures, and examined pore structures with SEM.

Measurements and microstructural observations were made on granites (Aji, Kagawa Pref., Ohshima, Ehime Pref.), granodiorite (Enzan, Yamanashi, Pref.) and tonalite (Kadohara, Fukui Pref.). Cylindrical rock samples (D=26 mm, L=30 mm) were filled with 0.1 M KCl aqueous solution, and velocity and conductivity were simultaneously measured by using a 200 MPa hydrostatic pressure vessel. The pore-fluid was electrically insulated from the metal work by using plastic devices. The confining pressure was incrementaly increased up to 150 MPa, while the pore-fluid pressure was kept at 0.1 MPa. It took 3 days or longer for the electrical conductivity to become stationary after increasing the confining pressure.

Rock samples showed moderate increase in velocity and large decrease in conductivity under confining pressures. Electrical conductivity steeply decreased at low pressures (<20 MPa) and then showed gradual decreases. Grain boundary cracks are pervasive in rock samples. The increase in velocity and decrease in conductivity at low pressures must be caused by the closure of grain boundary cracks with small aspect ratios ($<10^{-3}$). SEM images show that the aperture of a grain boundary crack varies along its width. Large aperture parts can be open even under high pressures to be conduction paths. The difference in conductivity at high pressures must reflect the difference in the amount of large aperture parts.

キーワード：地震波速度、電気伝導度、流体
Keywords: Elastic wave velocity, electrical conductivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1]
*Katazakai Haruka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

Transport properties such as electrical conductivity and permeability are sensitive to the connectivity of pores. Pore structure in granular materials varies with the shape and size distribution of grains. In order to understand the influence of the shape and size distribution of grains, electrical conductivity and permeability were measured on granular materials saturated with 0.1 mol/L KCl aqueous solution. Spherical glass beads and oblate quartz sand of various sizes were employed. The ratio of conductivity to porosity was significantly higher in glass beads than in quartz sand. This observation suggests that a higher connectivity of pore is established in glass beads than in quartz sand. The influence of the size distribution of grains was studied on mixtures of small (D=0.2 mm) and large (D=1 mm) glass beads. The porosity deceases from 36% to 22% as the fraction of large grains increases 0% to 60%. Electrical conductivity decreases with decreasing porosity, while permeability shows a small decrease. As the fraction of large grains increases from 60% to 100%, the porosity increases from 22% to 36% and permeability increases by around 2 orders of magnitude. This change suggests that the pore size steeply increases as the fraction of large grains increases from 60%, since permeability strongly depends on the size of pores. X-ray micro CT observation was conducted to examine pore structure.

キーワード：電気伝導度、浸透率、空隙
Keywords: conductivity, permeability, pore

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1]
*MAREMICHI ABE[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

The influence of axial compression on the connectivity of pores in granular materials was studied. Electrical conductivity and compressional wave velocity were simultaneously measured on brine-saturated granular materials under uniaxial compression. Spherical glass beads and oblate quartz sand were employed. X-ray micro CT was conducted on granular materials impregnated with epoxy resin to examine microstructure of pores. Compressional wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing axial stress. When the axial stress was increased from 0 to 5 MPa, compressional wave velocity increased by around 12% in both materials and electrical conductivity decreased by 0.7 and 1.7% in glass beads and quartz sand, respectively. The increase in compressional wave velocity must reflect the increase in contact area between grains, which was observed with X-ray micro CT. The decrease in conductivity must be caused by the decrease in connectivity of pores. X-ray micro CT images show that the connectivity of pores is easily lost under axial compression in quartz sand owing to its oblate shape.

キーワード：粒状物質、空隙、電気伝導度
Keywords: granular material, pore, electrical conductivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1]
*Shun Suzuki[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

South Fossa Magna is understood as a site where the Izu-Bonin arc on the Philippine Sea plate collides with Honshu arc, and it is the only arc-arc multiple collision zone in the world. Maruyama (2008) reported deformed conglomerate outcrop accompanied by cataclastic flow in the Hamaishidake Formation (late Miocene to Pliocene). Report of them in the collision zone is not limited to the Fujikawa area, but from the Ashigara Group and from the Erimo Formation in the Hidaka collision zone of Hokkaido (Uda, 1976), have been reported. In this study, various analyzes were performed on deformed conglomerates found in the Fujikawa area, and the cause (temperature / pressure condition) and the position in the collision zone were clarified, it aimed to restrict the multiple collision phenomenon and the deformation environment of trench fill sediments.

[Outcrop outline]
It is revealed that the deformed conglomerate outcrops occurred in the geologic body (Fujikawa Shear Zone) which makes a high dip zone in the direction of NW-SE, and they are modifying the initial NS system folding. The long axis direction of the gravel showing N40W trend and the shear fabric of the gravel showing sinistral sense.

[Paleo stress analysis by multiple inverse method]
The result of the MIM analysis (Yamaji et al., 2011) using the slip data of the gravel fault plane with the flow deformation mode shows ENE-WSW compression, which is not consistent with the current Philippine Sea plate motion.

[Restrictions on forming environmental condition of deformed conglomerate]
We tried to guess the maximum heat temperature of the geological body using the carbonaceous material Raman spectrum (Kouketsu et al., 2014), and examination of the differential stress level using the internal strain of the quartz (Takagi et al., 1988). As a result, it is revealed that deformed conglomerate outcrops heated only 150℃ or less, and the maximum heated temperature is rising toward the lower formation of Hamaishidake Formation. When the geothermal gradient is estimated by layer thickness conversion, the value such as 4~5℃ / 100 m is restored, and the depth at which the 150℃ heating can be recorded is about 3~4 km. That is, the deformed conglomerate is found to be a product under shallow and low temperature conditions. On the other hand, the estimated differential stress value is 50-100 MPa, which is strongly deformed despite being a shallow deformation.

[Discussion]
As for the ENE-WSW compression obtained from cataclastic flow slip data, it can not be explained with only the motion of the Philippine Sea plate. If these as deformation events after the deposition age limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(about 5 Ma) of the Hamaishidake Formation, it is necessary to consider the influence of E-W compression from around 3 Ma (Takahashi, 2006) or the ENE movement of Amur Plate (Komatsubara, 2015), and it means that the tectonics are not only dominated by the Philippine Sea plate. Considering trench fill sediment objects in the Fujikawa Valley as accretionary bodies, since deformed conglomerate occurs near the boundary fault of the middle and upper strata of the Fujikawa Group, it may be a deformation near the Mega Splay Fault branching from the plate boundary fault at the Tanzawa block collision stage. In addition, considering the usual crustal strength (Byerlee, 1978), theoretically it is not possible to record a differential stress value of 100 MPa at 4 km underground. However, according to the data of drilling at the plate boundary Nankai Trough (Hamada et al., 2018), it is pointed out that the differential stress value rises in the Accretionary prism and reaches nearly 100 MPa. In other words, in the geological body near the plate boundary, it is predicted that the crustal strength is large and it is placed in the high differential stress state also in the subsurface shallow part, and the deformed conglomerate is considered to be a product in such a place.

キーワード：南部フォッサマグナ、多重衝突帯、変形礫岩、断層岩のレオロジー
Keywords: South Fossa Magna, Multiple collision zone, Deformed conglomerate, Rheology of fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections

*Thomas Jing Yi Yeo[1], Toru Takeshita[1]

1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

The Japan Median Tectonic Line (MTL) is the longest fault system in Japan where it spans from Kyushu Island and extends towards the north east direction up until Ibaraki Prefecture. It has been an active strike slip fault since the Mid-Cretaceous period, which was originally formed as the southern marginal shear zone in the Ryoke belt (e.g. Hara et al., 1980) leading to the formation of mylonite and superposed by cataclasite at the core region.

This study aims to identify the kinematic history of the fault plane and its effect on the cataclastic rocks from a 3D viewpoint. The fieldwork was conducted in the hanging wall section of the MTL in Mie Prefecture, Japan. The hanging wall of the MTL in the study area is characterized by Creataceous Ryoke granitic rocks which was deformed into mylonitic rocks and was later overprinted by cataclasite at the proximal region. The main objective of this project is to identify and relate the kinematics of the MTL and physical conditions during the formation of the cataclasite.

From the thin sections observations, the grain size reduction of the mylonitic clasts was observed and was related with cataclasis. The cataclasite formed at the brittle fault zone enables chemically rich fluids to penetrate. This promotes the growth of foliated phyllosilicate minerals mainly muscovite from the alteration of presumably feldspars. Microstructural features such as riedel shears with C’ -type shear band fabric assist in indicating the sense of motion. Fracture densities and distributions are also quantified in all of the three sides of the sample in order to obtain a clearer view on the brittle properties.

Also, based on the crossed cutting relationship seen in the microstructures of the sample, a schematic deformation history of the sample was constructed. The MTL begins with a sinistral shear sense which causes the mylonitisation of the Ryoke granitoids. Upon the cooling of temperature, cataclasite was formed and transpression of the shear zone causing pressure solution seams to be precipitated which resulted in the formation of phyllonite. Lastly, a late stage reactivation of the pressure solution seams caused faulting to occur.

Furthermore, using the rake angle of the C’ and S fabrics of the Riedel shears, measured from the thin sections representing the different sides of the sample, the orientations of both the C’ and S planes could be reconstructed and plotted as a stereographic projection with values of [278/ 48N] and [124/ 82SW] respectively. The XZ plane which is 90˚ away from the intersection point of C’ and S planes has an orientation of [031/ 67SE]. By assuming plane strain and with the assistant of the software StrainSim v3, the simple shear strain, γ=0.73, the angular shear, Ψ=36˚ and material internal friction angle, Φ= 56˚. Similarly, the principle stress orientations are found to be at [62˚→158], [23˚→301] and [15˚→037] for σ_1, σ_2 and σ_3 respectively. By combining all the relationships mention above, the motion sense of the fault was identified as the NE block moving NW and downwards with a more dominant dip slip component. This dominant dip slip movement of the fault could be potentially related to the normal faulting movement of the MTL during the Ichinokawa Phase at 63-58Ma.

Moreover, the electron backscatter diffraction (EBSD) analysis of the sample is currently being conducted

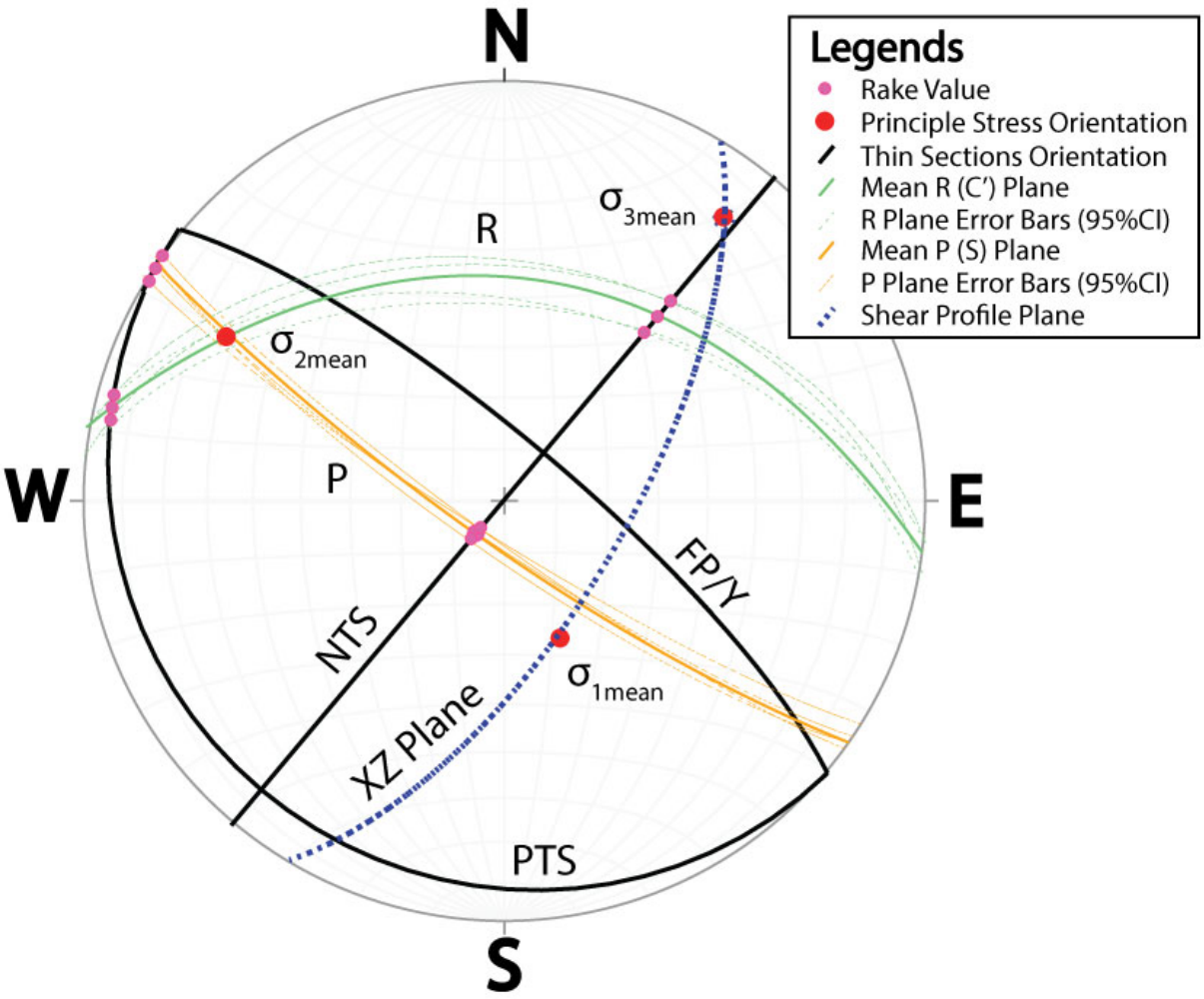
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

to analyse the distribution of the quartz’ s and calcite’ s C-axis fabric.

References

Hara, I, Shyoji, K., Sakurai, Y., Yokoyama, S., Hide, K., 1980. Origin of the Median Tectonic Line and its initial shape. *Memoirs of the Geological Society of Japan*. No. 18, 27–49.

Keywords: Median Tectonic Line (MTL), Cataclasite, Pressure Solution Seams, Shear Zone, Fractures, Kinematics



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例
Relationships between spacing and growth or linkage of normal faults in the Miyako Island, South Ryukyu arc, Japan

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1]
*Sumire Maeda[1], Makoto Otsubo[1], Daisuke Asahina[1], Yuki Furuno [1]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan/AIST

断層群において相互作用及び連結の発生する距離を推定することは，断層帯の長期評価をする上で重要な課題の1つである．地震調査推進本部は主要活断層帯の長期評価をするにあたり，松田(1990)の起震断層の設定基準を用いて，5 km以内に分布する活断層をまとめて1つの起震断層として仮定し，その断層長から将来発生する可能性のある地震規模を見積もっている．しかし，活断層が活動することにより，断層長が将来的に変化する可能性があるため，断層の時空間的変化を評価に資する多角的な指標の導入が必要である．

断層が相互作用する距離を規定する要因として，応力摂動（Coulomb shear stress：Sc）の大きさが挙げられる（Soliva et al., 2006; Fossen and Rotevatn, 2016）．Soliva et al.（2006）は，断層群において，断層間の距離及び応力摂動の値を調べた．その結果，断層が活動した際に，隣接する他の断層のStress shadow（Sc＜0）領域に断層端が入ることで連結が起こると指摘した．このStress shadow領域の大きさは断層が存在する層厚に関係している．メカニカルレイヤー内で同じ傾斜方向を持つ正断層が発達する場合，初期段階では，ランダムに分布した断層群が伝播・連結することにより，断層の伸長・連結が飽和状態となり，断層発達の最終段階として，断層群が規則的な間隔分布を示すと考えられている（Soliva et al., 2006）．上記から，飽和状態となった断層間の距離及び応力摂動の値を推定することで，断層が存在する層厚や，断層の連結の可能性を検討できると考えられる．

断層間の距離及び応力摂動の値から断層の連結の可能性を検討するために，沖縄県宮古島市を研究対象地域として調査及び解析を行なった．宮古島には，異なる走向をもつ3つの断層群が存在しており，それらの断層間距離がほぼ規則的であることがわかった．本講演では，宮古島に存在する断層群の断層間距離と応力摂動の値を見積もり，断層の連結に関して検討した結果について紹介する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例
3D fault architecture along the Median Tectonic Line, eastern Kii Peninsula, SW Japan

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4]
*Norio Shigematsu[1], Takuma Katori[1,2], Jun Kameda[3], Ayumu Miyakawa[4]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 新潟大学自然科学研究科、3. 北海大学大学院理学研究院、4. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Department of Natural History and Sciences, Hokkaido University, 4. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

内陸断層の深部，脆性–塑性遷移付近における変形の不均質は，地震発生を含む断層挙動に強い影響を与えている可能性がある．この影響を理解するためには，詳細な断層深部構造の情報が不可欠である．本研究では，紀伊半島東部の中央構造線を例に，削剥断層の地質調査に基づき三次元断層内部構造を明らかにすることを試みた．

三次元構造把握に必要な正確な位置情報は，無人航空機で撮影した写真に SfM (structure from motion)，MVS (multi-view stereo)の計算を行うことと，GNSS (Global Navigation Satellite system)測量を組み合わせることで取得した．さらに微細構造，鉱物の化学組成，走査型電子顕微鏡後方散乱電子線回折 (SEM-EBSD) を用いた石英の結晶方位に関する解析を行うことで，岩石の変形の特徴を明らかにした．これらの変形の特徴を，位置座標に基づき内挿し3D-CAD を用いて三次元モデルを構築した．

モデルでは，岩相境界としての中央構造線はほぼ完全な北傾斜の平面である．断層帯の内部構造は大きく2つに分かれる．1つは左横ずれのマイロナイト・カタクレーサイトを含む構造であり，もう1つは右横ずれの鱗片状カタクレーサイトなどを含み，さらに岩相境界付近の若い構造を含むものである．後者の構造は前者の構造を切っており構造形成の順序を示している．

鱗片状カタクレーサイトは中央構造線近傍のみに現れ，緑泥石の配列で特徴づけられる強い面構造を持つ．鱗片状カタクレーサイト内の緑泥石のモード組成は，周囲の領家帯起源の岩石に比べ高く，また圧力溶解シームがよく発達している．緑泥石温度計 (Bourdelle et al., 2013) に基づくと300 ℃付近での変形が示唆される．

左横ずれの構造の変形は，450 ℃付近で変形したマイロナイト (高温マイロナイト) から，300℃付近で変形したマイロナイト (低温マイロナイト)，300℃付近で変形したカタクレーサイトへと変化し，脆性–塑性遷移を記録した構造であることが示唆される．特徴的な構造として，幅 10 m 程の黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯がある．この互層帯のカタクレーサイトは黒色で強い面構造を示す．また互層帯のウルトラマイロナイトの石英結晶方位分布はほぼランダムである．この黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯は現在の削剥レベルが脆性–塑性遷移にあったときの断層変形の中軸部であったと考えられる．

キーワード：断層内部構造、脆性–塑性遷移、中央構造線、マイロナイト、カタクレーサイト
Keywords: Fault Zone Architecture, Brittle–Plastic transition, the Median Tectonic Line, Mylonite, Cataclasite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー
Significant of thrust zone at Fuji river basin in the South Fossa Magna, Southern Yamanashi Prefecture, Central Japan
-Study of Structural geology of Minobu and Neguma fault-

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1]
*Minami Madoka[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 国立法人新潟大学理学部地質科学科
1. Niigata university department of geology science

南部フォッサマグナ地域において，主要活断層と認定された身延断層をはじめ，糸魚川静岡構造線（以下ISTL），富士川河口断層帯（FUK）などの活断層がある．この地域は西南日本弧への伊豆-小笠原弧の衝突・付加の場である為，日本列島の形成を明らかにする上で，大変貴重である．本研究地域には，過去の衝突地塊によって形成されたトラフを充填した堆積物である，富士川層群が主に分布している．

本研究で着目した身延断層は，ISTLとFUKの間の活断層空白域において，接続する可能性が非常に高いとされており，近年，地形学的な活断層として，左横ずれセンスを示す結果が出されている．（水本，2016）しかしながら，身延断層北部では，新第三系の基盤との層序差が6000m以上であり，未固結の河床礫に衝上していることから，逆断層成分が多いと予想される．

今回，山梨県南巨摩郡南部町地域の地表踏査において，新たな断層露頭を確認，記載するとともに，身延断層をその走向と運動像からセグメントⅠ，Ⅱに分け，セグメントⅡから分岐する根熊断層と共に，応力解析，XRD分析を行った．

セグメントⅠでは，NW-SE走向NE・SW傾斜の断層系が発達し，セグメントⅡでは，NNW-SSE~NW-SE走向W傾斜の断層が多い．露頭内での砂岩岩片の隔離から左横ずれと判断した．身延地域全データからは，E-W圧縮の横ずれ応力場が検出された．根熊断層地域（以下，根熊地域）では，断層面の姿勢の ばらつきが多く，従来言われてきたNW走向W傾斜のデータのみを抽出すると，E-W圧縮の逆断層応力場とN-S圧縮の横ずれ応力場が検出され，前後関係を明らかにする必要がある．

また，身延断層系では，XRD分析より，緑泥石（Chl），カオリナイト（Kln），スメクタイト（Sm），イライト（Ill）が含まれており，NW-SE走向NE傾斜の断層はIll以外の上記三種が入っていた．根熊地域では，身延断層系と特異的な差として，Chl・Sm混合層と沸石類が入っていた．また，山崎（2012）ではカタクレーサイトを記載していることから，根熊断層は身延断層よりも深部での，言い換えるとより古期の活動があったと推測される．

本発表では身延断層，根熊断層の運動像と周辺の地質構造との関連に基づき，南部フォッサマグナにおける両断層帯の形成機構と構造発達史について議論する．

キーワード：南部フォッサマグナ、活断層、糸魚川静岡構造線、富士川河口断層帯
Keywords: South Fossa Magna, active faults, Itoigawa Shizuoka Tectonic Line, Fujikawa Kako Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

Mineralogical characteristics of fault rocks in the aftershock regions of the 2000 Western Tottori earthquake and its spatial distribution

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1], Hideki Mukoyoshi[2], Kenta Kobayashi[3], Toru Takeshita[4]

1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 島根大学大学院自然科学研究科、3. 新潟大学大学院自然科学研究科、4. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 3. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 4. Graduate School of Science, Hokkaido University

2000年10月6日鳥取県西部にて*Mw*6.6の地震が発生した．本震は左横ずれ成分が卓越しており，震央は35.269 ˚N・133.357 ˚Eに位置していた．本震の破壊過程および滑り分布は地震時の強振動データおよび測地データから推定されており，本震の破壊は主に余震域の南部で発生したと報告されている．また，Yukutake et al. (2007) は余震のメカニズム解から本震前後の応力場を推定し，余震域の南部は北部や中央部に比べて摩擦的に非常に弱かった可能性があることを指摘している．しかし，断層物質の物性値の空間的均質性に着目して本震・余震の滑り挙動の地域性を理解しようとする試みはほとんど行われていない．

岩石の鉱物組成はその物性値を支配しうる要素の一つであり，一般的には摩擦的に弱い鉱物量が増えるほど断層岩の摩擦係数は劇的に減少する．よって，2000年鳥取県西部地震の余震域における滑り挙動の空間異方性を理解するためには，断層岩の鉱物組成の空間分布を明らかにすることが必要である．本研究では，余震域の北部・中部・南部に露出する14の断層露頭から100を超える岩石試料を採取し，粉末化した岩石に内部標準を加えた試料についてXRD分析を行った．得られたプロファイルを，鉱物定量解析ソフトRockJockを用いて解析することで，各試料の鉱物組成を定量的に推定した．その結果，破砕の影響を受けていない周囲の母岩はほとんどが花崗岩であり，採取した地域によらず同じような鉱物組成（主に石英・長石）を持つことがわかった．一方，断層岩の鉱物組成は明確な地域依存性を示し，北部ではハロイサイトの増加とカリ長石の減少，中部ではイライトの増加とカリ長石・斜長石の減少，南部ではハロイサイトの増加と斜長石の減少が確認された．これらの解析結果をもとにして各地域における代表的な断層岩を選定し，摩擦実験を行って摩擦強度やその速度依存性を調べることで，2000年鳥取県西部地震余震域における摩擦特性の空間分布を明らかにできると考えられる．また得られた物質科学的なデータを観測データと組み合わせることで，2000年鳥取県西部地震の本震・余震の滑り挙動の空間異方性に関する理解をさらに深めることが期待される．

キーワード：2000年鳥取県西部地震、断層岩、鉱物組成、XRD分析
Keywords: The 2000 Western Tottori earthquake, Fault rock, Mineral composition, XRD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係
Relationship between seismicity of the 2016 the Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2]
*Masayuki Ichimura[1], Hideki Mukoyoshi[2]

1. 島根大学自然科学研究科、2. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 2. Department of Earth Science, Shimane University

The 2016 Central Tottori Earthquake (M6.6) occurred on October 21. The epicenter was Central Tottori and depth of hypocenter was 11km. Earthquake source fault was determined to be left-lateral strike fault developed NNW-SSE direction with WNW-ESE directional maximum principal stress axis. In the region, active fault related to the earthquake was not recognized. Although clarification of the occurrence of faults such strain concentration zone is important, there are no reports about detail field outcrop investigation in the area of this earthquake.
The aim of this study is to reveal relationship between seismicity of the 2016 Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area based on field investigation and description of microstructure of the faults.

In this study area, late Cretaceous-early Paleogene medium-coarse-grained biotite granite is mainly distributed.

As a result of this study, total of 190 faults were observed in the aftershock area. Orientation of faults developed in NNW trending aftershock area were concentrated in NNW. On the other hand, faults in eastern part of aftershock area shows N-S~NE trend. Three-directional striation on the fault plane was observed in the aftershock area and only cataclasite was developed. The fault (strikes NNW) had horizontal striation was confirmed. P-foliation was observed in this fault rocks under the microscopic observation and indicated left-lateral strike slip.

The fault that had experienced strike slip, and shear sense consistent with earthquake source fault was confirmed. This result indicates that this fault had moved in the present stress field. According to previous study related to 2000 Western Tottori Earthquake, it is suggested that NNW trending fault system developed in southern part of the aftershock area was weaker than the surrounding area. With comparing these result, fault system in aftershock area of the 2016 Central Tottori Earthquake also might be weaker faults due to the orientation of faults correspond with the Y surface of the earthquake source fault.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

History of fault activity considered from the brittle shear zone and the geological structure near the Cape Otachi, Kumamoto Prefecture

*小柏 景司[1]、小林 健太[1]
*Keiji Ogashiwa[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata University

【はじめに】

日奈久断層帯は九州西部に位置し，おおよそ北東一南西方向に81km延びる活断層帯である．日奈久断層帯は東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層とされる[URL]．日奈久断層帯の破砕帯は肥後変成岩類分布域の娑婆神峠と下部白亜系分布域の御立岬付近の2か所で報告されている（松本・勘米良，1964）．娑婆神峠の破砕帯の中軸部は右横ずれ，外縁部では左横ずれを示す（小林・小柏，2016）．また，日奈久断層帯に平行な地質断層が見かけ左横ずれ断層である（斎藤ほか，2005）．これらのことは日奈久断層帯が過去に現在とは異なる運動像で活動していた可能性を示唆する．

破砕帯の解析と破砕帯周辺の地表踏査を行うことは，断層帯の活動史を解明するために重要である．また，九州は西南日本弧と琉球弧の会合部にあたる重要な地域であるため，日奈久断層帯の活動史を解明することは，島弧会合部のテクトニクスの理解に繋がる．本研究では，熊本県南部御立岬付近に見られる脆性剪断帯と地質構造から日奈久断層帯の活動史を解明することを目的として，地表踏査，断層岩の組織観察，XRD分析，小断層解析などを行う．

【地表踏査】

御立岬周辺の地表踏査の結果，下部白亜系日奈久層中で破砕帯を構成する小断層を観察し，断層の走向と運動像，切断関係から4系統に大別した．北北東一南南西走向の左横ずれ断層をF1，北北東一南南西走向の右横ずれ断層をF2，北北西一南南東走向の左横ずれ断層をF3，東西走向の右横ずれ断層をF4とした．F2はカタクレーサイトからなる脆性剪断帯中に見られる小断層群である．F1は脆性剪断帯の外側で見られ，一部は幅5cmの面状カタクレーサイト帯を形成する．F3とF4は互いに切断し合う小断層群である．F3は後述の岩脈群を変形させる．F4は脆性剪断帯を切断する．

断層以外では，脆性剪断帯の南東側に東北東一西南西方向のヒンジをもつ褶曲群を認定した．また，脆性剪断帯の東側に東北東一西北西走向が卓越する安山岩質岩脈群が観察された．F3よる岩脈の切断・屈曲，F3沿いに岩脈が注入する産状を確認した．この岩脈群は天草地方の新第三紀の貫入岩類と関係があるとされる（松本・勘米良，1964）．

【多重逆解法（山路，1999）による小断層解析】

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

F1から北北西ー南南東方向の圧縮応力場，F2から東北東ー西南西方向の圧縮応力場，F3とF4から北西ー南東方向の圧縮応力場を検出した．

【変動ステージ区分】

御立岬周辺で観察された断層・火成岩脈・褶曲の形成時期を，切断関係より求めた応力場にから，3つの変動ステージに区分し，古い方からD1，D2，D3とした．

D1では，北北西ー南南東方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の左横ずれ断層（F1）が活動した．圧縮軸方向を考慮すると，東北東ー西南西方向の褶曲軸をもつ褶曲群はD1で形成したと考えられる．

D2では，東北東ー西南西方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の右横ずれ断層（F2）が活動し，幅の広い脆性剪断帯を形成した．

D3では，北西ー南東方向の圧縮応力場で，北北西ー南南東走向の左横ずれ断層（F3）と東西走向の右横ずれ断層（F4）が活動した．

岩脈の屈曲やF3沿いに注入する産状は岩脈が未固結時にF3による変形を受けたことを示していると考えた．上記のような産状を考慮して，岩脈群はD2末期からD3初期までの間に貫入したと考えた．

【引用文献】

斎藤ほか，2005，八代及び野母崎の一部（20万分の1地質図幅），地質調査総合センター．松本・勘米良，1964，日奈久地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所．山路敦，1999，多重逆解法：複数の応力を検知する小断層解析の新手法，構造地質，no.43，79-88.

[URL]地震調査研究推進本部事務局，布田川・日奈久起震断層，

https://www.jishin.go.jp/main/oshirase/2016kumamoto.html

キーワード：日奈久断層帯
Keywords: Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その1
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.1 - Overall plan and current situation at Shionohira Fault -

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1]
*Kazuhiro Aoki[1], Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

「ごく最近動いた断層（以下活動区間と呼ぶ）」の近傍に「今後動く可能性のある断層（以下非活動区間と呼ぶ）」がある場合,「今後動く可能性のある断層」と「ごく最近動いた断層」とでは応力状態に違いがあり，両断層には”活動しやすさ”に違いあると想定される．しかし，現在の原子力規制基準の考え方においては、断層の連動性に関する知見の不足から安全側に一連の断層として評価している。

筆者らは，非活動区間が断層活動を生じた場合に，活動区間も含めて一連の断層として本当に動くのかを明らかにするため，断層活動性評価手法の開発を目指し,活動区間と非活動区間との違いに着目した調査・分析を実施している．

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって，いわき市田人町旅人滑石から石住綱木北西に至る約14kmの区間に，北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した．この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された．4.11地震による地表地震断層は，井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる．今泉ほか（2018）によれば，確認された地表地震断層以南においていわき市旅人滑石から川部町佐倉西方まで，山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが，この区間に地表変位は現れなかった．本報告では，塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間，塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間としている．

筆者らは，塩ノ平断層及びその南方延長部を対象として調査を進めており，これまで露頭調査結果（亀高ほか2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか2015，2016）について報告しており，現在は原位置における応力状態を把握するために断層スリップ試験を実施している．今後，調査結果に基づき，断層破砕部の岩組成，応力状態，断層の最大静止摩擦力，間隙水圧等の関係から断層が活動する際の挙動解析を行う予定としている．本講演では，調査計画の全体概要及び断層スリップ試験の詳細について報告を行う．

断層スリップ試験では,試錐で確認した地下の割れ目の上下にダブルパッカーを掛け地上から高圧の水を注入して割れ目のずれを人工的に発生させ，その3次元変位量（マイクロメータからミリメーター）を測定できる装置および手法を用いる。本装置はSIMFIP (Step-rate Injection Method for Fracture In-situ Properties) probe と命名された（Guglielmi et.al. 2013）。本プローブおよび手法は、フランスにおけるCO_2の地中貯蔵研究のためにGuglielmiによって設計製作され、フランス南部の地下研究施設（LSBB）で最初に適用された（Guglielmi、et.al. 2015）。その後フランスのTournemire、スイスのMont Terri、米国サウスダコタ州の金鉱山跡などの地下研究施設における断層を対象に原位置試験が実施されている。本装置は、ダブルパッカーで区切られた区間の間隙水圧を高めることにより断層のずれを発生させ、その3次元のずれ量を定量的に測定することができ、地下水、石油、CO2、放射性廃棄物など地盤中のリークが問題となる現象の解明に役立つ。ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法であり、断層帯の摩擦と応力状態の推定が可能であることから、断層周辺の水理・力学の連成現象を理解するための手法として地震発生メカニズムの解明にも役立つものと筆者らは考えている。なお、本装置を使った原位置注水実験は日本での適用は初めてであり、活断層を対象にした原位置試験としては世界初である。

キーワード：SIMFIP、塩ノ平断層、活断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP, Shionohira fault, active fault, Fukushima Hama-dori earthquake, fracuter zone characteristics, injection experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２ －塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果－
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.2 - Injection experiment using a SIMFIP probe at Shionohira Fault and southern fault-

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1]
*Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuhiro Aoki[1], Yves Guglielmi[2], Paul Cook[2], Florian Soom[2], Wakahama Hiroshi[3], Noujou Haruka[3], Etsuo Iwasaki[3], Masao Kametaka[3], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. ローレンスバークレー国立研究所、3. ダイヤコンサルタント
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Laurence Berkley National Laboratory, 3. DIA CONSULTANTS

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって、いわき市田人町石住綱木北西から旅人滑石に至る約14kmの区間に、北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した。この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された。

4.11地震による地表地震断層は、井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる。今泉ほか（2018）によれば、確認された地表地震断層以南において滑石から川部町佐倉西方まで、山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが、この区間に地表変位は現れなかった。本報告では、塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間、塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間と考える。

著者らは4.11地震による活動区間と非活動区間との違いに注目した調査・研究を進めており、これまで露頭調査結果（亀高ほか，2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか，2015，2016、Seshimo, et. al., 2016) について報告している。活動区間及び非活動区間の破砕帯の水理特性に着目し、ボーリング孔内で行ったSIMFIP法（Guglielmi et al., 2013）による原位置試験の結果を比較する。

SIMFIP（The Step-Rate Injection Method for Fracture In-situ Properties）法は、破砕帯周囲の水圧を高め、断層の周囲をわずかに動かし、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法である。圧力と変位データの結合解析により、断層帯の応力状態の推定が可能である。

調査地点は、活動区間としては地表変位が確認された塩ノ平地点、非活動区間としてはリニアメントが確認されているが地表変位が認められなかった水上北地点を選定した。

塩ノ平地点では、地表下30mまで鉛直ボーリング掘削を行い、深度15.11m～15.60mにおいて断層破砕部を確認した。SIMFIP試験は、健岩部の基礎データを取ることを目的とした地震断層上部に分布する第三紀堆積岩と断層破砕部を対象に2回試験を行った。試験深度の決定に際しては、コア観察、BHTV、孔径検層を実施し、不連続面等の地質状況や試験孔の孔壁の乱れを考慮している。堆積岩中の試験では、最大2.5～3 barの注水圧をかけることで、層理面に対応する方向への割れ目の開口が確認された。塩ノ平地震断層では、最大4.5～4.8 barの注水圧をかけることで、断層面に沿った開口とμm～mmスケールと地震波を伴うせん断によるマイクロスリップが確認された（Aoki et al., 2018）。

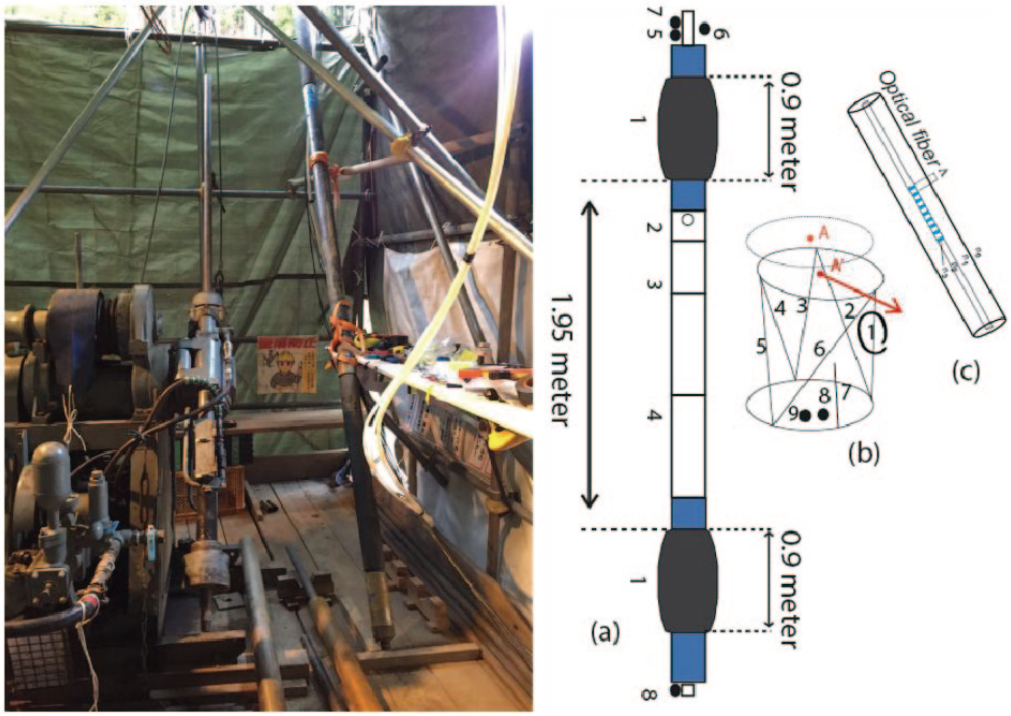
水上北地点では、地表下30mまで斜めボーリング掘削を行い、深度20.40 m～23.10 mに断層を確認した。投稿時現在、水上北地点ではSIMFIP法による原位置試験を行っている最中であり、本報告では塩ノ平地点の結果と水上北地点の測定結果の比較を報告する予定である。

〈引用文献〉

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青木和弘ほか，2015, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-25.
青木和弘ほか，2016, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性(その２)．日本地球惑星科学連合大会2016年大会講演要旨，SCG63-P23.
Aoki, et. al., 2018, Shionohira fault characterization using SIMFIP protocol, AGU Fall Meeting, Abstract H21P-1927.
Guglielmi, et. al., 2013, Rock Mechanics and Rock Engineering, DOI 10.1007/s00603-013-0517-1.
今泉俊文ほか，2018，活断層詳細デジタルマップ（新編）.
石山達也ほか，2012，2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層のトレンチ掘削調査（速報）, 日本地震学会ニュースレター，vol.23, no.5，36-38.
亀高正男ほか，2015, 塩ノ平断層の破砕部性状と断層活動性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-P32.
Seshimo, et.al., 2016, Frictional properties of Shionohira Fault Gouge of Fukushima, Japan (Part 2) –A comparison with Kuruma Fault Gouge at the Southern Extension of Shionohira Fault. AGU Fall Meeting, Abstract MR41D-2717.
堤　浩之・遠田晋次，2012，2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌，vol.118，no.9, 559-570.

キーワード：SIMFIP法、活断層、塩ノ平断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP method, active fault, Sionohira Fault, Fukushima-ken Hamadori Earthquake, fracture zone charactarizaton, injection test



-SIMFIP probe used in Minakami-Kita tests – Left is a photo of the drill rig with the assembled SIMFIP probe set on the right -
(a) SIMFIP plan (1 packers, 2 injection sub, 3 SIMFIP cage, 4 extension subs, 5 Inclinometer, 6 Accelerometer, 7 Top pressure, 8 Bottom pressure)
(b) Principles of the sensor which is a deforming cage in 6 different directions + 1 reference (7) + 1 interval pressure (8)
(c) We build all our sensors using Bragg gages all connected on the same optical fiber.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

Dynamic rupture simulation of 2018, Hokkaido Eastern Iburi earthquake: Role of non-planar fault geometry

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1]
*Tatsuya Hisakawa[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2018, Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquakeis an event characterized by complexity of rupture process, which may involve both reverse and strike slip depending on the locations on the fault surface. We perform dynamic rupture simulations based on simple physical laws and conditions for stressing and fault friction, taking complexity of the fault into account. The complex fault geometry is numerically treated by the boundary integral equation method accelerated by the fast domain portioning method. We search in a small number of parameter spaces for the stress ratio of the regional stress field and the frictional coefficients assumed to be the same over the fault area, rather than assigning heterogeneous distributions of the stress drop on the fault, to evaluate to what extent relatively simple forward models accounting for realistic fault geometry can explain the characteristics of coseismic observations. The fault geometry is constrained based on the aftershock distribution (NIED, 2018) and characterized primarily by the combination of three fault planes. As the result, we are able to reproduce several observed features of the event including the spatial variation of the fault slip direction, which is inferred from the seismological inversion (Okuwaki and Yagi, 2018), and the ground surface displacement observed by GEONET. The results suggest that the complex rupture event can be reproduced by a relatively simple physical model to some extent if the geometrical complexity of the faults is properly taken into account.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

A New Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator Applicable to Arbitrary Nonplanar Fault Geometries - A Benchmark Test

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1]
*Daisuke Sato[1], Nadia Lapusta[2], Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所、2. カリフォルニア工科大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. California Institute of Technology

詳細な観測データに基づくデータ同化をもとに、震源モデルは単純な経験則だけでは測り得なかったより細やかな防災情報や、震源物理学の直接理論検証の機会を提供しつつある(たとえばthe Third California Earthquake Rupture Forecast (UCERF3)にみるように)。この背景には、coseismicのみならず前震・余震過程を含む長期地震活動をモデル化できる物理シミュレータ(地震サイクルシミュレータ)が登場したことがある(Barbot et al., 2012: Richards-Dinger and Dieerich, 2012)。しかし、coseismicの動的震源過程を正確に解けてかつ沈み込み帯や内陸断層などの幅広いテクトニック環境に適用可能な汎用地震サイクルシミュレータはまだない。適用対象となる地震活動は現在のところ大きく限定されている。

本研究では、非平面に適用可能な初めての地震サイクルシミュレータを提案、実装結果を概観する。これは非平面に適用可能な高速(準線形時間)解法である高速領域分割階層型行列法(FDP=H-matrices)に基づく(佐藤・安藤、2018)。このため、従来シミュレータの本質的問題である動的破壊過程求解時の断層ジオメトリへの制限を克服している。発表では、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)のベンチマークテストを用い、精度と速度が調べられる。結果は、ByCyclE(Lapusta et al., 2000)などの従来シミュレータと比較され、提案シミュレータの有効性が議論される。予備的な、非平面環境での地震サイクルもデモされる。

キーワード：動的地震サイクルシミュレータ、非平面断層(地表+沈み込み帯・内陸断層)、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)
Keywords: Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator, Nonplanar Fault Geometries (Subduction Zones + Ground Surfaces and Inland Faults), SCEC Sequences of Earthquakes and Aseismic Slip project (SEAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

Stress and displacement Green's functions to treat volumetric inelastic strain and elastic inhomogeneity in boundary integral equation method

*佐藤 大祐[1]
*Daisuke Sato[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

境界積分方程式法(BIEM)は断層運動をシミュレートするための標準的解法として知られる。さらにごく最近では、高速アルゴリズムの整備(Sato and Ando, 2018)、不均一弾性構造への拡張(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)などを受け、従来知られていたBIEMの欠点も解決されつつある。しかし、均質弾性媒質以外への適用法は明らかとなった一方、解析的な困難のために、弾性不均一・体積非弾性歪み(重力下での粘性緩和など)を含む積分方程式をシミュレートするための離散化された積分核の解析的表現が導かれている状況は限定されている。

本研究で私は、これら発展的なBIEMに必要な積分核の実時空間での解析的表現を、等価介在物法(Eshelby, 1956; Mori and Tanaka, 1973)に基づき導く。まず第一に体積非弾性ひずみに対して、(体積)積分方程式法(Barbot and Fialko, 2010)が非弾性歪みを生じる領域とそれ以外とを仕切る多角形面のBIEMに帰着することを示す。具体例として、三次元一様等方無限弾性体中での八面体要素の区分一定非弾性歪みへの変位・応力グリーン関数が静的な場合に導かれる。これを用いれば、たとえばHok and Fukuyama (2011)の手法で半平面での場合に余効滑りと粘性緩和とが同居する状況がモデル化可能となる。動的な場合にも、拡張境界積分方程式法(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)で得られているグリーン関数の一部と同一であることが示される。

第二に、固有歪みを導入することで表現定理での表面積分を表面上の等価固有変位への応答の積分核へと書き換える。その帰結として、絶対トラクションが歪みと固有歪みで記述される状況下では、すでに解析的表現が得られている滑りに対する応力核(Tada and Madariaga, 2001; Tada, 2006; Ando et al., 2007; Ando, 2016)のみで不均一弾性構造を扱える手法が存在しうることが示唆される。一般の弾性不均一構造を扱うKame and Kusakabe (2012)の手法との例題比較から、今回提案する手法の正しさが検討される。

これら弾性(速度)構造・非弾性歪みを記述する積分核を用いれば、非平面動的地震サイクルシミュレータ(Sato, Lapusta, and Noda, planned to be presented in JpGU 2019)と合わせて、現実的環境下での地震活動をモデル化する手立てが開かれることが期待される。

キーワード：体積非弾性歪み、速度構造、境界積分方程式法
Keywords: volumetric inelastic strain, velocity structure, boundary integral equation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果
Frictional properties of dolerite and granite at intermediate slip rates and controlled ambient temperatures

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1]
*Michiyo Sawai[1], Yuuki Yokoyama[1], Kyuichi Kanagawa[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

High velocity friction experiments (up to several m/s) on many types of rocks have revealed that frictional strength decreases with increasing slip rate at seismic slip rates (e.g., Tsutsumi and Shimamoto, 1997; Di Toro et al., 2011). Coseismic weakening has been attributed to temperature rise including flash heating, melt lubrication or thermal pressurization (e.g., Rice, 2006; Hirose and Shimamoto, 2005). Although the importance of temperature during fault motion are widely recognized, the effects of temperature on frictional properties at intermediate to high slip rates remain unknown. We therefore conducted friction experiments at a wide range of temperatures and investigated the effects of temperature on the friction coefficient (μ).

Experiments were performed on dolerite (Belfast, Northern Ireland) and granite (Aji, Japan) using a rotary shear deformation apparatus at Chiba University. Samples were displaced up to 10 - 20 m at a normal stress of 1 MPa, slip rates of 1 to 300 mm/s, and ambient temperatures of 20 - 500°C in an argon atmosphere with an oxygen concentration of 0.2 %.

At 20°C and 100°C, dolerite showed velocity weakening at slip rates ranging from 1 to 30 mm/s with μ of 0.81 - 0.83 at 1 mm/s and of 0.73 at 30 mm/s. Whereas at high temperatures >300°C, friction is almost constant (μ = 0.81 - 0.85) at < 30 mm/s. At 100 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at 20 °C and 100°C with μ = 0.75 - 0.79 and clear velocity-weakening at more than 300°C with μ = 0.67 - 0.76. At 300 mm/s, the dolerite showed strong velocity weakening at all temperatures investigated. The amount of weakening (i.e., the drop in friction, $\Delta\mu$) increases with increasing temperature ($\Delta\mu$ = 0.1 - 0.38). Thus, the frictional properties of dolerite are affected not only by slip rate but also by ambient temperature.
Experiments using granite to decipher the effect of materials on temperature dependence are in progress. Our preliminary results are summarized as follows. At <30 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at room temperature and velocity-weakening at temperatures of 100-300°C. At >300°C, friction is almost constant. Friction coefficient decreases with increasing temperature of 20-300°C and increase again at >400°C. At >100 mm/s, clear velocity-weakening did not occur except at temperatures of 20°C. More results especially on granite will be reported at the meeting.

キーワード：摩擦、温度効果、ドレライト、花崗岩
Keywords: friction, temperature dependence, dolerite, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出
Extraction of features of strata using borehole data of geothermal area by multivariate analysis

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5]
*Ojima Hiroki[1], Kazuya Ishitsuka[2], Toru Mogi[3], Tatsuya Kajiwara[4], Takeshi Sugimoto[4], Hiroshi Asanuma[5]

1. 北海道大学工学部環境社会学科、2. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3. 北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4. 地熱エンジニアリング株式会社、5. 産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所
1. Department of Socio-Environmental Engineering Hokkaido University, 2. Division of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Division of sustainable Resources Engineering, Faculty of Enginieering, Hokkaido University, 4. Geothermal Engineering Co. Ltd, 5. Fukushima Renewable Energy Institute, AIST

In geothermal development, geological characteristics are often estimated qualitatively based on logging data of geothermal wells. On the other hand, the quartz index (QI) has quantitative information on minerals, and the index enables to objectively extract features of the geological formation using a statistical method. Therefore, in this study, from the QI obtained from the core cuttings in a geothermal field, we developed and examined a method to classify and extract geological features along with a well by multivariate analysis (in particular the difference in alteration degree). Specifically, we first carried out a principal component analysis to extract and emphasize the features of the data through dimensionality reduction. Then, their lithological features were classified by clustering using a Gaussian mixture model. In addition, the classification results by our method were compared with electric logs and temperature logs. In this study, we used the data obtained from wells in a geothermal area at Iwate prefecture. The geology of this area consists of andesite tuff and dacite tuff. The QI is defined as the percentage of the strongest X-ray intensity of a certain mineral in the sample from the strongest X-ray intensity of pure quartz measured under the same experimental conditions. This value means the content (weight percentage) in the sample for quartz and the relative quantitative ratio for the other minerals. In order to verify our proposed method, the principal component analysis was performed on the standardized QI data of clay minerals and compared with the results of existing geological classification based on geological interpretation. As a result of the comparison, our classification results agree with the results of existing geological classification, thus the classification of the strata by our method is valid. Next, in order to examine the effect of the dimensionality reduction by a principal component analysis, we compared the following cases: (i) clustering without dimension reduction for all QI, and (ii) clustering after applying the dimensionality reduction to all QI. In the case of dimensionality reduction, we used the principal components with a total contribution total over 95%. As a result of the comparison, the optimal classification number of the strata without the dimensionality reduction (case (i)) was 6. On the other hand, in the case of dimensional reduction (case (ii)) the optimal classification number was 10. The number of the optimal class indicates that more detailed features can be extracted using dimensionality reduction by principal component analysis. Notably, the classification in the depth range from 0 to 1000 m became detailed, highlighting the correspondence between clay, zeolite minerals and the geological formation.

キーワード：石英指数、主成分分析、クラスター分析
Keywords: quartz index, principal component analysis, clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

Low-temperature thermochronology of Cretaceous granitoids from the northern Northeast Japan Arc: Towards reconstructing arc-parallel thermal/denudation histories

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Shoma Fukuda[1], Shigeru Sueoka[2], Barry Paul Kohn[3], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構、3. メルボルン大学地球科学、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター、5. 金沢大学理工研究域自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University , 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. School of Earth Sciences, The University of Melbourne, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

東北日本弧は弧ー海溝系に分類され，火山活動や地震活動などが活発に起こる変動帯である．その構造発達史に関しては，地形・地質学的研究から多角的に議論され，比較的よく研究された島弧であるといえる．また，近年，分野複合的研究プロジェクトによって，GPSや活断層，数値モデリングから室内摩擦実験に至るまで，多様な観点・手法から研究が進められ，多くの知見が蓄積しつつある(Iio et al. 2018, EPS)．我々の研究グループでは，熱年代学的手法を用いて長期的なタイムスケール(＞10^6年)における鉛直方向の非弾性変形の推定を目的とし，低温領域の熱年代学的手法を用いて島弧単位での熱史/削剥史の解明に貢献してきた．

熱年代学的手法は，放射年代測定によって得られる年代値と，その手法と対象鉱物との組み合わせに固有の閉鎖温度を利用して，試料の温度時間履歴（熱史）を推定する手法である．山地形成のような地殻表層の現象を捉えるためには，閉鎖温度の低い手法が有効であり，ヨーロッパアルプス（Wagner et al. 1977, Mem. Inst. Geol. Mineral., Univ. Padova）やヒマラヤ (Blythe et al. 2007, Tectonics) などの世界の大規模な変動帯で成功を収めてきた．ただし，熱年代学的手法から直ちに推定されるのは試料の冷却過程であり，削剥史や隆起史を復元するためには，地温勾配や隆起と削剥の動的平衡など様々な仮定が必要であることに留意したい．このようにして求められた100万年スケールの隆起速度は，地殻内部に蓄積する鉛直方向の非弾性変形（永久変形）に相当すると考えられる（池田ほか 2012 地質学雑誌）．

筆者らの研究グループは2014年から2019年現在までに東北日本弧全域において，およそ100点の花崗岩試料を採取し，そのうち数十点において低温領域の熱年代学的手法を適用してきた．主要な成果として，東北日本弧南部に分布する白亜紀ー古第三紀の花崗岩類に対して，島弧横断方向にアパタイトおよびジルコン(U-Th)/He（それぞれ，AHe, ZHe）法（Sueoka et al. 2017, EPS）およびアパタイトフィッション・トラック（AFT）法（Fukuda et al. 2019, JAES:X）を適用し，阿武隈山地ー奥羽脊梁山地ー朝日・飯豊山地のそれぞれには熱史/削剥史のコントラストが存在することを明らかにしてきた．本講演では，島弧横断方向さらに平行方向の熱史/削剥史の推定を目的に，東北日本弧北部の山地である北上山地ー奥羽脊梁山地ー太平山地で採取した白亜紀花崗岩類の岩石試料に対し，AHe/ZHe法（Fukuda et al. in prep., EPS）およびAFT法を適用した結果について報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AHe年代は 88.6～0.9 Ma, AFT年代は 138.0～2.0 Ma, ZHe年代83.9～7.4 Maが得られ，島弧単元ごとに見ると，南部での熱年代学的研究結果と同様の前弧側一奥羽脊梁山地一背弧側のコントラストが推定された．このことから，基本的に島弧平行方向の熱史は南北で似た傾向を示すことが推定される．ただし，南北での相違点も検出された．例えば，①阿武隈山地よりも北上山地は非常に古い年代を示す（例えばAFT年代では，阿武隈：80～40 Ma，北上：130～75 Ma）こと，②太平山地近傍で非常に新しいAFT年代（2 Ma）が見出されたこと，③AHe/ZHe年代計に対して，閉鎖温度の関係に矛盾したAFT熱年代値の逆転（例えばFST04，FST05）などである．関連する構造発達史や隆起史などのモデルとも絡めつつ，引き続き研究を継続する．

今後の課題として，見かけの熱年代値より高精度に熱史を復元可能なAFT法による熱史逆解析の適用が挙げられる．また，より空間解像度の高い熱史の推定を目指すために，サンプリング地点を増やし，適用地域の拡大を試みる予定である．

キーワード：熱年代学、東北日本弧、フィッション・トラック法、(U-Th)/He法、島弧
Keywords: Thermochronology, Northeast Japan Arc, Fission-track method, (U-Th)/He method, Island Arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Yumi Kobayashi[1], Shigeru Sueoka[2], Shoma Fukuda[1], Barry P. Kohn[3], Tatsunori Yokoyama[2], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3. メルボルン大学、4. 金沢大学　日本海域環境研究センター、5. 金沢大学　理工学域　自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 3. University of Melbourne, 4. Institute of Nature of Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

The South Fossa Magna region is located at the junction of the Japan and Izu-Bonin arcs. Up to four crustal blocks of the Izu-Bonin arc, i.e., Kushigatayama, Misaka, Tanzawa, and Izu, collided this region and formed its crustal structures since the middle Miocene (1, 2). The timings of the collision events have been estimated by deposition ages of sediments between each block and the Japan arc. However, these questions remain unresolved.

In this study, we performed apatite fission track (AFT) and apatite (U-Th)/He (AHe) thermochronometric methods and U-Pb dating method to resolve the uplift and denudation history of the South Fossa Magna region.

The AFT ages are estimated to be 14.7 ±4.7 Ma in the Okuchichibu area (c.f., hornblende K-Ar age: 10.5 ±1.5 Ma (3)), 3.0 ±0.5 Ma, 9.2 ±2.2 Ma, and 7.6 ±0.9 Ma in the Kano Mountains (c.f., biotite K-Ar age:i.e., 10.5 ±0.4 Ma (4)), 3.6 ±2.5 Ma in the Minobu area (c.f., biotite K-Ar age: 5.4 ±0.3 Ma (5)). Also, the AFT ages are inferred at 37.0 ±5.9 Ma in Mt. Tsukuba (c.f., Rb-Sr whole rock isochron age: 61.6 ±4.3 Ma (6)), and 44.9 ±4.1 Ma in the Sori granitoid in Gumma Prefecture (c.f., biotite K-Ar age: 92.6 ±0.6 Ma (7)). The rocks which have younger AFT ages than the formation ages may reflect the uplift and denudation events since the rock formation. However, exhumation rates of the Tanzawa mountain, the closest mountain to the Izu block, did not increase before and after the collision of the Izu block (8), which may imply that the collision of the Izu block did not cause the uplift and denudation events significantly.

We also obtained the new AHe ages and U-Pb ages. The AHe ages for Okuchichibu area, Kanto mountains and Minobu area are about 3 Ma. Furthermore, according to the results of the inverse thermal analysis using the apatite FT lengths data, the granites in Okuchichibu area and the southern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 3 Ma, and the granites in Minobu area and northern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 1 Ma. The results of AHe ages were consistent with the results of inverse analysis. Based only on these ages, the rapid cooling ages of 3 Ma and 1 Ma are comparable to the collision ages of the Tanzawa block and the Izu block, respectively.

References

[1] Amano et al., Structural Geology 43, 11-20 (1999).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Kano, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 77, 231-248 (2002).
[3] Ueno and Shibata, J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 81, 77-82 (1986).
[4] Shibata et al., Bulletin of the Geological Survey of Japan 35, 19-24 (1984).
[5] Sato et al., Gumma Mus. Natu. Hist. 19, 95-109 (2015)
[6] Arakawa and Takahashi, J.Min. Petr. Econ. Geol. 83, 232-240 (1968)
[7] Sudo, M. et al., Geochemical Journal 32, 49-58 (1998)
[8] Yamada, K. and T. Tagami, Journal of Geophysical Research 113, B03402, doi: 10.1029/2007JB005368 (2008).

キーワード：低温領域の熱年代学、南部フォッサマグナ、アパタイトフィッション・トラック
Keywords: low-temperature thermochronology, South Fossa Magna, apatite fission track

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性
Correlation between residual uplift and recurrence interval of the Kanto earthquake based on developmental process of coastal lowland

*金 幸隆[1]
*Haeng-Yoong Kim[1]

1. 大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻
1. Osaka City University, Graduate School of Science, Division of Biology &Geosciences

地震時に海底面が隆起して，海成段丘が形成されることは良く知られる．海成段丘は，地震時に離水した海成面と地震後に形成された高さ数m未満の低崖からなり，海岸線沿いに階段状に分布する．先行研究では，一段一段の海成段丘は，一回一回の地震の痕跡として認識されており，この前提のもとに一段一段の海成段丘の地形情報から過去の地震の履歴と再来間隔および地震時の隆起量を推定する研究が行われている．しかしながら前杢（1988）は，南海トラフのプレート沈み込み帯で発生する地震性隆起と地震間沈降が繰り返されることにより，一段の平坦な段丘面が形成されることを推論し，階段状の段丘は陸側の海底断層の活動によって海岸に大きな変位が生じることによって形成されるとした．私たちは，一段の段丘面が複数回の地震サイクルで形成される前杢の推論を実証する地形・地質データを相模トラフのプレート沈み込み帯の直上に位置する三浦半島において明らかにした．

地形判読の結果，三浦半島の岩石海岸では，海抜1 m付近に1923年大正関東地震時の段丘面，また海抜2 m付近に1703年元禄関東地震時の段丘面が分布する（松田・他，1974）．また半島に多数発達する入江の奥では，後背地から海底に運搬された堆積物で埋め立てられた海岸低地が，元禄地震の段丘面の標高付近に広く発達しており，一般に居住地や農地として利用されている．私たちは，半島南端部の入江の奥に分布する海岸低地の発達過程を詳細に調べた．その結果，1703年よりも古い時代に隆起した複数の海成段丘が1923年および1703年の隆起面の標高付近に残存していることが認められた．

見かけ上，一面に広がる平な海岸低地は，１つの地形面ではなく，複数段の小規模な海成段丘から構成されている．海成段丘の存在は，海面水位の相対的低下が突発的に生じたことを示す．これらの海成段丘は，海抜2.1m 未満に 5 つの領域に分けられた．その海成面の離水時期と標高を調べた結果，若い順に 1923 年大正地震の海成面：1.22m～ 1.37m, 西畑・他(1988)による 1703 年元禄地震の離水波蝕棚面：2.3 m，1293 年正応地震（1260-1380cal.AD 以降）の海成面：1.27 m，西暦約1000 年頃の地震（915cal.AD から 1150cal.AD）の海成面：1.63~1.93 m であり，さらに 古い時代まで段丘面が分布する（金・萬年，2018）．

このように，極めて海抜の低い海岸低地の中に形成時代の異なる小規模な段丘が残存（一部は埋没段丘）する理由は，1．プレートの沈み込みに伴う陸側プレートの弾性反発による地震隆起と地震間の沈降が繰り返されていること（Shimazaki *et al.*, 2011），また2．次の地震までに海面水位付近に新期の海成面が形成されること（金・萬年，2018），3．形成された海成段丘面が被覆層によって保存される条件があることによる．幅の広い段丘面や，美香かけ上一面に広がる平らな海岸低地面は，一回の地震で形成されたのではなく，複数回の地震時の隆起と地震間の沈降に伴った離水と沈水が繰り返すことによって形成された地形面である．

海成段丘の標高から直接的に導出される物理量は，地震時の隆起量ではなく，累積変位量と残留変位量である．地盤は地震間に沈降するため，2段の海成面の形成環境が地震前と地震後で一様である場合，前の地震時の段丘面と次の地震時の段丘面の標高差は，前の地震時の隆起量の残留隆起量を示す．これは歪みの蓄積の指標と推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上述の段丘面の標高と離水時期から，地震の発生間隔の長い1293年と1703年の410年間では，1293年の段丘面は元の標高（海面水位）まで完全に逆戻りしている．残留隆起量は0である．また地震の発生間隔の短い1703年と1923年の220年間では，1703年の段丘面は元の標高まで逆戻りすることなく，1923年の関東地震が発生した．残留隆起量は約1ｍである．したがって，海岸線に1703年元禄面と1923年大正面の2段の明瞭な段丘地形として認められと考えられる．

キーワード：海成段丘、残留隆起量、再来間隔、海溝型地震
Keywords: Marine terrace, Residual uplift, Recurrence interval, Subduction type earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形
Mechanics preserving co-seismic uplift and marine terraces: dissymmetric patterns of co-seismic and inter-seismic deformation

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1]
*Kyohei Suzuki[1], Junki Komori[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo

房総半島の南部では沼Ⅰ-Ⅳ面と呼ばれる顕著な４つの海岸段丘が知られており、段丘の比高や形成年代から、地震時の隆起量や滑り量、地震発生時期などが推定されてきた(Matsuda et al., 1978 ; 中田ほか, 1980 ; 行谷ほか, 2011 ; Sato et al., 2016 など)。しかし、 先行研究において海岸段丘の形成と古地震イベントの関係を疑問視するものもある（Matsu’ura and Sato 1989、 Noda et al., 2018）。Matsu’ura and Sato (1989) は、長期的な地表面隆起を屈曲したプレート境界の定常的な滑り蓄積の効果として力学的に説明した。このモデルは地震域において地震間ではバックスリップ、地震時ではフォワードスリップによって変動を表現し、 また、 プレート境界面全体に沿った時間に定常的なフォワードスリップを与えている。このモデルから、彼らは地震時の変動パターンは地震間の変動パターンによって相殺され、 地表の隆起蓄積はプレートの定常沈み込みによる効果にのみ寄与するとした。しかし、これは沈み込み帯を水平成層構造の中に一枚の面としてスラブを表現し、さらにプレート境界面における境界条件として一様な変位量を与え、 地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップの量が等しいと仮定した単純化されたモデルによる帰結である。本研究の目的はより現実的なスラブの形状、 プレートの運動、 そして地震時の断層運動を考慮することによって、 地震時隆起量が地震時滑り量を記録し、地震サイクルにわたり残留、累積していかないか、 さらに、それが海岸段丘形成過程に影響するかについて、一般的な力学モデルの中で検証することである。

計算手順として、まず、海洋プレートの端に一定の変位を与え、プレート境界上に応力・歪を蓄積させる。次に、蓄積されたせん断応力を、断層上で働く動摩擦強度はどこでも一定であるとの仮定の下に、地震時に断層の滑りによって全て解放させ、そして地表面の鉛直変位パターンとプレート境界面の滑り量を求める。線形弾性論において重ね合わせの原理が成り立つことをふまえ、本研究では、地震間と地震時の両過程の境界条件を分けてそれぞれの鉛直変位の計算を行い、その和を取ることで残留量を計算した。また、実際のプレート境界面における、海山や地溝のような表面の凹凸が鉛直変位の空間パターンに与える影響も検証するために、プレート境界面に局所的に凹凸が入れられた場合についても2パターンの計算を行った。

計算の結果として、非固着域での地震間の滑り量は固着域の近傍で0に収束し、地震時滑り量は一様ではなく、プレート境界面全体で滑っていることがわかった。このことは、プレート内に永年変形を引き起こす、固着域で生じるプレート境界面の相対運動、すなわち累積滑り、は、Matsu’ura and Sato (1989)が仮定したような、一定速度で生じるのではなく、地震サイクルにおいて間欠的であることを示唆している。次に、鉛直変位残留量から、地震時と地震間でのそれらの空間パターンが異なっていることがわかった。さらに、プレート境界面に局所的な凹凸を入れると、地震時において各モデルの滑り量分布は異なり、それに対応して隆起の空間パターンが異なっていることが分かった。固着域は地震間に滑ることはないので、地震間の変形は、どの形状モデルにおいても同一であることに注意されたい。これらのことは、従来モデルの枠組みに置き換えて考えると、地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップが完全に打ち消し合っていない状況を端的に示している。このことは、段丘比高が滑り量を記録し、プレート境界面の形状が実際の海岸段丘形成に影響を与えることを示唆している。本研究の結果は、プレート境界面上の滑りが間欠的であり、地震時の滑りに海岸段丘形成が依存することを示している。つまり、本研究の結果は、海岸段丘の比高から古地震像を推定することが、二次的な地形改変による効果は別途検討する必要があるものの、地殻変動の観点からは、原理的には可能であることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：古地震、力学モデル、海岸段丘
Keywords: paleoseismic, mechanical model, Holocene marine terraces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
Enhanced resolution of stress tensor inversion by using fault instability analysis

*佐藤 活志[1]
*Katsushi Sato[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Wallace-Bott仮説に基づく応力逆解析において，断層スリップデータと応力との適合度はミスフィット角によって測られる．ミスフィット角は，観測された断層の滑り方向と計算された剪断応力の方向との差である．この仮説は，高間隙水圧や低摩擦の条件で滑る断層や，既存の弱面を利用する断層など，いわゆるmis-orientedな方位を持つ断層を許容することが利点である．しかしその反面，観測された断層データに対して様々な応力が許容されるので，データから応力を強く制約することができない．そのため，複数の応力を分解して検出する能力が十分でない場合がある．

そこで本研究は，fault instabilityと呼ばれる断層の滑りやすさの指標（Vavrycuk et al., 2013）を導入し，応力逆解析法の分解能向上を試みた．Mohrダイアグラム上で断層面に働く剪断応力と法線応力を表す点と，Coulombの破壊基準の直線との距離が小さいほど断層は滑りやすいと考えられる（Sato, 2016）．そこで，その距離が小さいほど大きくなるようにfault instabilityを定義する．Fault instabilityの値によって，断層と応力の適合度に重み付けを施すことで，高いfault instability値を与える応力に高い評価を与えた．以上の計算には，Coulombの破壊基準に含まれる摩擦係数を仮定する必要がある．本研究は複数の摩擦係数の値を設定し，結果を比較した．

本手法を，新第三系～第四系を切る小断層群に適用したところ，分解能の向上が見られた．千葉県南東部の安房層群では，従来の手法では正断層型応力のみが検出されたが，本手法では逆断層型応力もあわせて検出された．大分県別府湾周辺の碩南層群では，従来の手法で南北引張応力のみが得られていたところ，東西引張応力も検出された．

References
Sato, K., 2016, Journal of Structural Geology, 89, 44-53.
Vavrycuk, V., Bouchaala, F. and Fischer, T., 2013, Tectonophysics, 590, 189-195.

キーワード：応力逆解析、小断層解析、滑り傾向
Keywords: stress tensor inversion, fault-slip analysis, fault instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

Focal mechanisms of the aftershocks of the 2000 Western Tottori Earthquake inferred from P wave first-motion data and spatial stress pattern

*岩田 貴樹[1]
*Takaki Iwata[1]

1. 常磐大学
1. Tokiwa University

A Bayesian approach to estimating a spatial stress pattern was developed [Iwata, 2018, JGR] (hereafter IW2018), and as an extension of this approach Iwata [2018, SSJ fall meeting] has proposed a method to infer focal mechanisms from P wave first-motion data and stress pattern estimated with the Bayesian approach. In this study, this method was applied to a real dataset taken from aftershocks of the 2000 Western Tottori earthquake.

The analyzed P wave first-motion dataset was retrieved from Kawanishi et al. [2009, JGR], which complied records from October 15 to November 30 in 2000. This dataset contains 47,570 P wave first-motions of 3592 events (for details see IW2018). The spatial pattern of stress field was taken from the result of IW2018 that also analyzed the same P wave first-motion dataset. The inferred focal mechanisms show rotation of the azimuth of P-axis around the main fault in the southern area; this feature has been seen in Yukutake and Iio [2017, EPS] and will be the reflection of the stress rotation found in the same area revealed by IW2018.

From the inferred focal mechanisms and spatial stress pattern, the normal and shear stress exerted on the fault plane was evaluated. Then, following the method of Terakawa [2010, Geology], fluid pressure for each of the events was estimated. Two datasets of the fluid pressure in the northern and southern areas of the aftershock areas were constructed and examined whether the two datasets follow the same distribution with the Kolmogorov-Smirnov test. Consequently, the test revealed that the fluid pressure in the southern area is significantly larger than that in the northern area, with a P-value of 1.6e-3.

キーワード：メカニズム解、応力場、応力回転、P波初動、空間統計、間隙流体圧
Keywords: focal mechanism, stress field, stress rotation, P wave first-motion, spatial statistics, fluid pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場
Stress tensor inversion in focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake, New Zealand

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8]
*Miu Matsuno[1], Tomomi Okada[1], Satoshi Matsumoto[2], Yuta Kawamura[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[1], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Townend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3. 京都大学防災研究所、4. GNS Science, New Zealand、5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8. University of Otago, Dunedin, New Zealand
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. GNS Science, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

本研究では、ニュージーランドの南島北部で発生したカイコウラ地震を研究対象とし、地震のメカニズム解を複数決定することによって、本震前後の応力場を求めた。この地域の応力場を求めた先行研究として佐藤(2017: 東北大学修士論文)があるが、本震断層面上で余震が多く起きている場合、断層面が偏りを持って分布している可能性があるため、本震断層面上で発生した余震メカニズム解の影響を検討する必要がある。そのため、Hamling et al. (2017)で設定された20の断層モデルと余震メカニズム解とのKagan角(Kagan, 1995)を用いて、断層面上で起きていると考えられる余震を取り除いた後、応力テンソルインバージョンを行った。

それぞれの余震に対し最も近い断層とのKagan角を求めた結果、多くの地震のKagan角はメカニズム解の誤差を超えるような大きい値を取り、余震には本震断層面以外で起きた地震も多く含まれると考えられる。

本震後の地震を用いた応力テンソルインバージョンの結果、南島北部のロンドンヒル断層付近の地域やKekerengu断層付近の地域では、Kagan角の閾値に依らず安定した横ずれ断層型となった。また水平最大圧縮軸方向はおよそN115Eであり、本震前について得られている方向と概ね変わらなかった。しかし、本震の震源付近の地域では複数断層が存在する地域であるためか、安定した応力場が得られなかった。今後は、本震の震源付近の地域や本震前の地震についてもメカニズム解を増やし、安定した応力場を得られるようにする必要がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8]
*Yuta Kawamura[1], Satoshi Matsumoto[1], Tomomi Okada[2], Miu Matsuno[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[2], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Twonend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 九州大学、2. 東北大学、3. 京都大学、4. ジー・エヌ・エスサイエンス、5. ヴィクトリア大学ウェリントン、6. カンタベリー大学、7. テラジオロジカ、8. オタゴ大学
1. Kyushu University, Shimabara, Japan, 2. Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Kyoto University, Uji, Japan, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

The Mw7.8 Kaikoura Earthquake struck the northeastern south island, New Zealand, on November 14, 2016. A lot of researchers have tried to explain the cause of this earthquake and revealed the structure in this area. Among variety of prior researches, Clark et al. (2017) argued that this earthquake, which produced surface deformation including uplift and complex surface rupture, was caused by 21 strike-slip, reverse and oblique slip faults. Cesca et al., (2017) proposed an earthquake fault model that consists of three faults in northern, central and southern part, based on the hypocenter distribution of aftershock activity. These studies suggested in common that this earthquake was provoked by multiple faults with complex rupture process.

We had installed 75 temporary seismic stations before the earthquake in the South Island, New Zealand in addition to GEONET stations. The seismic network has successfully recorded the mainshock and the following aftershocks. Here, we relocated the hypocenters of the events associated with the Kaikoura earthquake by using data obtained from the seismic network. The hypocenters was determined by the double difference hypocenter determination algorithm (i.e. HYPODD, Waldhauser and Ellsworth, 2000). The overall distribution of the hypocenters are distinguished into two clusters, northern and southern clusters. The hypocenter distribution in vertical cross section normal to the major alignment of the aftershocks in N54W reveals that the fault in southern part dips to eastward. On the other hand, although we find out a northern cluster in terms of horizontal projection, no obvious faults are recognized in the vertical cross-section, suggesting complex fault structure in the northern cluster.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

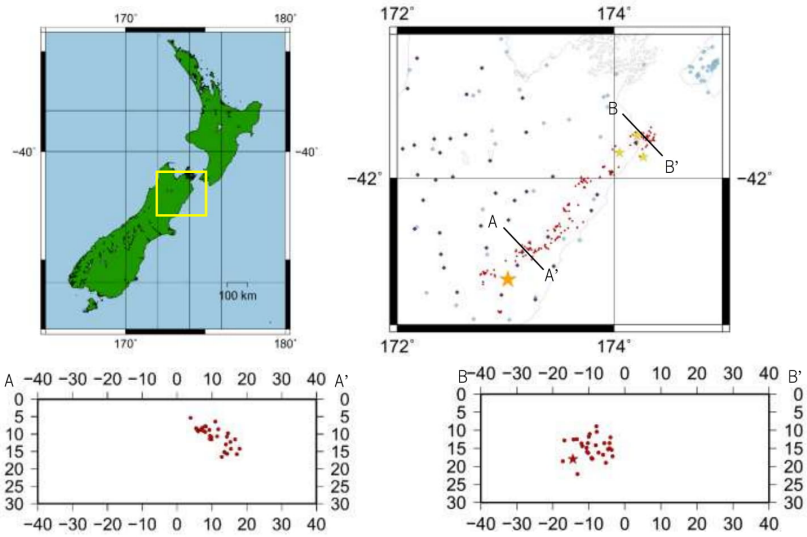


Fig. 1 Relocated hypocenter distribution in the South Island, New Zealand. Upper left) Index map of the target region. Yellow rectangle shows area displayed right map. Upper right) Map showing seismic stations and epicenters. Diamond and dot indicate location of station and event, respectively. Stars indicate epicenters for event with M > 6. Lower) Vertical cross sections along A-A' and B-B' in the upper right map. Other symbols are same as the upper right map.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling

*Sindy Carolina Lizarazo[1], Takeshi Sagiya[2], Hector Mora-Paez[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Geological Survey of Colombia

Colombia is located in a region of complex interactions among the Caribbean, Nazca and South American plates, as well as the North Andean and Panama-Choco blocks. As a consequence of this tectonic setting, active faulting and intense seismicity are occurring especially in the areas of plate subduction or collision. The GeoRED project by the Geological Survey of Colombia installed a permanent GPS network in Colombia to study the regional kinematics with an intention to improve disaster mitigation activities. An initial velocity field was obtained and discussed by Mora et al. (2019) based on data from 60 sites under the ITRF2008 reference frame.

Here we present an updated result of Colombian GPS velocity field with 80 sites. The daily coordinates are calculated under the ITRF2014 reference frame with GAMIT-GLOBK software. We calculate 3-dimensional velocities with HECTOR software (Bos et al., 2013) based on the daily coordinates for the period from January 2014 to March 2016. There was no earthquake larger than magnitude 6 in Colombia, so the velocity pattern represents that of the interseismic period. For this time period, enhancement of the permanent network provides a better spatial resolution of the deformation pattern in some regions.

The results show a general consistency with the previous study, demonstrating the correctness of the current approach. In addition, vertical components show a slight of coastal uplifts at a few mm/year along the Nazca subduction zone. These signals indicate the lower limit of the plate coupling on the plate interface and we discuss the interplate coupling based on the 3-dimensional velocity data. Also, a significant margin-normal contraction is identified along a part of the Caribbean subduction zone near Colombia-Panama border. However, the vertical signal is not significant compared to the horizontal contraction, indicating that the elastic coupling model may not be applicable to this area.

Keywords: GPS velocities, Interplate coupling, Subduction, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 S (固体地球科学)：S-CG 固体地球科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_37

[S-CG61] 変動帯ダイナミクス

コンビーナ:深畑 幸俊(京都大学防災研究所)、竹下 徹(北海道大学大学院理学院自然史科学専攻)、岩森 光(海洋研究開発機構・地球内部物質循環研究分野)

変動帯のダイナミクスは、いわゆる造山運動や大規模断層帯の形成など数百―数千万年かけて起きる変動から、人間・社会活動の時間スケールで生じる地震・火山活動まで、極めて広いレンジにわたる変動を対象としており、その解明には地球物理学・地質学・地形学の総合的知見が必要である。変動帯ダイナミクスの解明のためには、プレート運動等に起因する応力と変動帯を構成する媒質の応答特性を時間的・空間的に把握する必要があるが、地殻応力の特定は今なお未解明の難問であり、粘弾塑性で特徴付けられる媒質特性は時間スケールや応力・温度等に複雑に依存するという困難がある。さらに、流体および流体を介した反応も媒質特性に大きな影響を与えるため、岩石学・地球化学的アプローチも必要となる。東北沖地震後は日本列島全体で応力・歪場の大規模な改変が生じ、地震活動の変化や活発な地殻変動が観測されており、変動帯ダイナミクスの研究を進める格好の機会である。本セッションでは、地震学、測地学、変動地形学、構造地質学、岩石学、水文学など、変動帯ダイナミクスの解明を目指す様々な分野にわたる観測、実験およびモデリング研究からの意欲的な講演を歓迎する。

[SCG61-P01] 広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3] (1.東京工業大学、2.東北大学、3.産業技術総合研究所)

[SCG61-P02] **含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造**

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P03] Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P04] Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1] (1.富山大学)

[SCG61-P05] **Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-**

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学大学院自然科学研究科)

[SCG61-P06] **An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections**

*Thomas Jing Yi Yeo[1]、Toru Takeshita[1] (1.Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University)

[SCG61-P07] 断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1] (1.産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門)

[SCG61-P08] 中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4] (1.独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2.新潟大学自然科学研究科、3.北海大学大学院理学研究院、4.独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門)

[SCG61-P09] 山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ

ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1] (1.国立法人新潟大学理学部地質科学科)

[SCG61-P10] 2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4] (1.大阪大学大学院理学研究科、2.島根大学大学院自然科学研究科、3.新潟大学大学院自然科学研究科、4.北海道大学大学院理学院)

[SCG61-P11] 2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2] (1.島根大学自然科学研究科、2.島根大学総合理工学部地球科学科)

[SCG61-P12] 熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

*小柏 景司[1]、小林 健太[1] (1.新潟大学)

[SCG61-P13] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その１
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構)

[SCG61-P14] 断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２
ー塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果ー

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1] (1.日本原子力研究開発機構、2.ローレンスバークレー国立研究所、3.ダイヤコンサルタント)

[SCG61-P15] 2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学)

[SCG61-P16] 任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1] (1.京都大学防災研究所、2.カリフォルニア工科大学)

[SCG61-P17] 体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

*佐藤 大祐[1] (1.京都大学防災研究所)

[SCG61-P18] ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1] (1.千葉大学)

[SCG61-P19] 多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5] (1.北海道大学工学部環境社会学科、2.京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3.北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4.地熱エンジニアリング株式会社、5.産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所)

[SCG61-P20] 東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構、3.メルボルン大学地球科学、4.金沢大学環日本海域環境研究センター、5.金沢大学理工研究域自然システム学類)

[SCG61-P21] Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1] (1.京都大学 大学院理学研究科、2.日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3.メルボルン大学、

4.金沢大学　日本海域環境研究センター、5.金沢大学　理工学域　自然システム学類)

[SCG61-P22] 海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性

*金 幸隆[1] (1.大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻)

[SCG61-P23] 地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1] (1.東京大学大学院理学系研究科)

[SCG61-P24] 断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
★招待講演

*佐藤 活志[1] (1.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻)

[SCG61-P25] P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

*岩田 貴樹[1] (1.常磐大学)

[SCG61-P26] 2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8] (1.東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2.九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3.京都大学防災研究所、4.GNS Science, New Zealand、5.Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6.University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7.TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8.University of Otago, Dunedin, New Zealand)

[SCG61-P27] Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8] (1.九州大学、2.東北大学、3.京都大学、4.ジー・エヌ・エスサイエンス、5.ヴィクトリア大学ウェリントン、6.カンタベリー大学、7.テラジオロジカ、8.オタゴ大学)

[SCG61-P28] **3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling**

*Sindy Carolina Lizarazo[1]、Takeshi Sagiya[2]、Hector Mora-Paez[3] (1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University、2.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University、3.Geological Survey of Colombia)

広帯域MT観測による東北日本前弧の地殻流体の三次元分布の解明
Three-dimensional imaging of geo-fluid distribution at NE-Japan forearc using wideband magnetotelluric measurements

*深井 雅斗[1]、小川 康雄[1]、曾 國軒[1]、市來 雅啓[2]、高倉 伸一[3]
*Masato Fukai[1], Yasuo Ogawa[1], Kuo Hsuan Tseng[1], Masahiro Ichiki[2], Shinichi Takakura[3]

1. 東京工業大学、2. 東北大学、3. 産業技術総合研究所
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Tohoku University, 3. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

東北日本弧において，ユーラシアプレートに沈み込む太平洋プレートは古くて厚いため低温であり，バサルトーエクロジャイト相転移は深度100km程度で起こる．脱水反応で放出された水は蛇紋岩を形成し，それによって深部まで運ばれる．深度150km程度で蛇紋岩は分解し，水は浮力によりマントル内を上昇する．そのため，東北日本前弧ではスラブの鉱物脱水によって生じた水の上昇は存在しないと考えられている（Kazahaya et al.,2014）．これとは対照的に，東北日本前弧の地震トモグラフィー（Zhao et al.,2014）は，”Water wall”と呼ばれる，スラブからの上昇する流体を示唆する低速度領域を解析している．本研究では、北上山地におけるマグネトテルリック観測により，前弧の上昇する流体分布を3次元電気伝導度構造から拘束することを目的とした．我々のモデルでは，深部からの流体の上昇を示す低比抵抗の分布は，Zhao et al.(2014)のP波低速域に対応して解析されていない．しかし，鉛直状の低比抵抗は火山フロントから前弧に向かって解析された．導体は火山フロントの30 km東の10-40 kmの深さに広がっている．この低比抵抗は，低速度領域の分布とよく一致しています（Zhao et al.,2014; Okada et al.,2015）．火山フロントの東の低比抵抗は，最上部マントルから中部地殻までほぼ垂直に連続している．したがって，これは，マントルフローに乗った流体が前弧の最上部マントルまで到達し，地殻内に流体を放出していることを示している可能性がある．

キーワード：地殻流体、東北日本前弧、地磁気地電流法
Keywords: geofluid, NE Japan forearc, magnetotelluric method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

含水岩石の弾性波速度および電気伝導度と空隙微細構造
Elastic wave velocity and electrical conductivity in brine-saturated rocks and microstructure of pores

*富岡 愛梨奈[1]、渡辺 了[1]
*Arina Tomioka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. University of Toyama

Geophysical mapping of fluids is critical for understanding crustal processes. Seismic velocity and electrical resistivity structures have been studied to reveal the fluid distribution. However, the fluid distribution has been still poorly constrained. Observed velocity and resistivity should be combined to make a quantitative inference on fluid distribution. The combined interpretation requires a thorough understanding of velocity and resistivity in fluid-saturated rocks. We have made measurements of elastic wave velocities and electrical conductivity in brine-saturated rocks under confining pressures, and examined pore structures with SEM.

Measurements and microstructural observations were made on granites (Aji, Kagawa Pref., Ohshima, Ehime Pref.), granodiorite (Enzan, Yamanashi, Pref.) and tonalite (Kadohara, Fukui Pref.). Cylindrical rock samples (D=26 mm, L=30 mm) were filled with 0.1 M KCl aqueous solution, and velocity and conductivity were simultaneously measured by using a 200 MPa hydrostatic pressure vessel. The pore-fluid was electrically insulated from the metal work by using plastic devices. The confining pressure was incrementaly increased up to 150 MPa, while the pore-fluid pressure was kept at 0.1 MPa. It took 3 days or longer for the electrical conductivity to become stationary after increasing the confining pressure.

Rock samples showed moderate increase in velocity and large decrease in conductivity under confining pressures. Electrical conductivity steeply decreased at low pressures (<20 MPa) and then showed gradual decreases. Grain boundary cracks are pervasive in rock samples. The increase in velocity and decrease in conductivity at low pressures must be caused by the closure of grain boundary cracks with small aspect ratios ($<10^{-3}$). SEM images show that the aperture of a grain boundary crack varies along its width. Large aperture parts can be open even under high pressures to be conduction paths. The difference in conductivity at high pressures must reflect the difference in the amount of large aperture parts.

キーワード：地震波速度、電気伝導度、流体
Keywords: Elastic wave velocity, electrical conductivity, fluid

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Influence of grain shape and grain size distribution on connectivity of pores in granular materials.

*片境 悠[1]、渡辺 了[1]
*Katazakai Haruka[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

Transport properties such as electrical conductivity and permeability are sensitive to the connectivity of pores. Pore structure in granular materials varies with the shape and size distribution of grains. In order to understand the influence of the shape and size distribution of grains, electrical conductivity and permeability were measured on granular materials saturated with 0.1 mol/L KCl aqueous solution. Spherical glass beads and oblate quartz sand of various sizes were employed. The ratio of conductivity to porosity was significantly higher in glass beads than in quartz sand. This observation suggests that a higher connectivity of pore is established in glass beads than in quartz sand. The influence of the size distribution of grains was studied on mixtures of small (D=0.2 mm) and large (D=1 mm) glass beads. The porosity deceases from 36% to 22% as the fraction of large grains increases 0% to 60%. Electrical conductivity decreases with decreasing porosity, while permeability shows a small decrease. As the fraction of large grains increases from 60% to 100%, the porosity increases from 22% to 36% and permeability increases by around 2 orders of magnitude. This change suggests that the pore size steeply increases as the fraction of large grains increases from 60%, since permeability strongly depends on the size of pores. X-ray micro CT observation was conducted to examine pore structure.

キーワード：電気伝導度、浸透率、空隙
Keywords: conductivity, permeability, pore

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Change of pore connectivity in granular materials under axial compression

*阿部 希道[1]、渡辺 了[1]
*MAREMICHI ABE[1], Tohru Watanabe[1]

1. 富山大学
1. Toyama University

The influence of axial compression on the connectivity of pores in granular materials was studied. Electrical conductivity and compressional wave velocity were simultaneously measured on brine-saturated granular materials under uniaxial compression. Spherical glass beads and oblate quartz sand were employed. X-ray micro CT was conducted on granular materials impregnated with epoxy resin to examine microstructure of pores. Compressional wave velocity increases and electrical conductivity decreases with increasing axial stress. When the axial stress was increased from 0 to 5 MPa, compressional wave velocity increased by around 12% in both materials and electrical conductivity decreased by 0.7 and 1.7% in glass beads and quartz sand, respectively. The increase in compressional wave velocity must reflect the increase in contact area between grains, which was observed with X-ray micro CT. The decrease in conductivity must be caused by the decrease in connectivity of pores. X-ray micro CT images show that the connectivity of pores is easily lost under axial compression in quartz sand owing to its oblate shape.

キーワード：粒状物質、空隙、電気伝導度
Keywords: granular material, pore, electrical conductivity

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Estimation of crustal strength using residual strain of quartz in deformed conglomerate and inhomogenous strain of conglomerate layer -As an example of multiple collision zone of Izu-Bonin arc, Fujikawa valley, Central Japan-

*鈴木 俊[1]、小林 健太[1]
*Shun Suzuki[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学大学院自然科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology, Niigata University

South Fossa Magna is understood as a site where the Izu-Bonin arc on the Philippine Sea plate collides with Honshu arc, and it is the only arc-arc multiple collision zone in the world. Maruyama (2008) reported deformed conglomerate outcrop accompanied by cataclastic flow in the Hamaishidake Formation (late Miocene to Pliocene). Report of them in the collision zone is not limited to the Fujikawa area, but from the Ashigara Group and from the Erimo Formation in the Hidaka collision zone of Hokkaido (Uda, 1976), have been reported. In this study, various analyzes were performed on deformed conglomerates found in the Fujikawa area, and the cause (temperature / pressure condition) and the position in the collision zone were clarified, it aimed to restrict the multiple collision phenomenon and the deformation environment of trench fill sediments.

[Outcrop outline]
It is revealed that the deformed conglomerate outcrops occurred in the geologic body (Fujikawa Shear Zone) which makes a high dip zone in the direction of NW-SE, and they are modifying the initial NS system folding. The long axis direction of the gravel showing N40W trend and the shear fabric of the gravel showing sinistral sense.

[Paleo stress analysis by multiple inverse method]
The result of the MIM analysis (Yamaji et al., 2011) using the slip data of the gravel fault plane with the flow deformation mode shows ENE-WSW compression, which is not consistent with the current Philippine Sea plate motion.

[Restrictions on forming environmental condition of deformed conglomerate]
We tried to guess the maximum heat temperature of the geological body using the carbonaceous material Raman spectrum (Kouketsu et al., 2014), and examination of the differential stress level using the internal strain of the quartz (Takagi et al., 1988). As a result, it is revealed that deformed conglomerate outcrops heated only 150℃ or less, and the maximum heated temperature is rising toward the lower formation of Hamaishidake Formation. When the geothermal gradient is estimated by layer thickness conversion, the value such as 4~5℃ / 100 m is restored, and the depth at which the 150℃ heating can be recorded is about 3~4 km. That is, the deformed conglomerate is found to be a product under shallow and low temperature conditions. On the other hand, the estimated differential stress value is 50-100 MPa, which is strongly deformed despite being a shallow deformation.

[Discussion]
As for the ENE-WSW compression obtained from cataclastic flow slip data, it can not be explained with only the motion of the Philippine Sea plate. If these as deformation events after the deposition age limit

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(about 5 Ma) of the Hamaishidake Formation, it is necessary to consider the influence of E-W compression from around 3 Ma (Takahashi, 2006) or the ENE movement of Amur Plate (Komatsubara, 2015), and it means that the tectonics are not only dominated by the Philippine Sea plate. Considering trench fill sediment objects in the Fujikawa Valley as accretionary bodies, since deformed conglomerate occurs near the boundary fault of the middle and upper strata of the Fujikawa Group, it may be a deformation near the Mega Splay Fault branching from the plate boundary fault at the Tanzawa block collision stage. In addition, considering the usual crustal strength (Byerlee, 1978), theoretically it is not possible to record a differential stress value of 100 MPa at 4 km underground. However, according to the data of drilling at the plate boundary Nankai Trough (Hamada et al., 2018), it is pointed out that the differential stress value rises in the Accretionary prism and reaches nearly 100 MPa. In other words, in the geological body near the plate boundary, it is predicted that the crustal strength is large and it is placed in the high differential stress state also in the subsurface shallow part, and the deformed conglomerate is considered to be a product in such a place.

キーワード：南部フォッサマグナ、多重衝突帯、変形礫岩、断層岩のレオロジー
Keywords: South Fossa Magna, Multiple collision zone, Deformed conglomerate, Rheology of fault rocks

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

An Introduction to Ryoke Cataclastic Rocks in Tsukide, Mie Prefecture, Japan: An Approach Using 3D Reconstructions From Thin Sections

*Thomas Jing Yi Yeo[1], Toru Takeshita[1]

1. Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

The Japan Median Tectonic Line (MTL) is the longest fault system in Japan where it spans from Kyushu Island and extends towards the north east direction up until Ibaraki Prefecture. It has been an active strike slip fault since the Mid-Cretaceous period, which was originally formed as the southern marginal shear zone in the Ryoke belt (e.g. Hara et al., 1980) leading to the formation of mylonite and superposed by cataclasite at the core region.

This study aims to identify the kinematic history of the fault plane and its effect on the cataclastic rocks from a 3D viewpoint. The fieldwork was conducted in the hanging wall section of the MTL in Mie Prefecture, Japan. The hanging wall of the MTL in the study area is characterized by Creataceous Ryoke granitic rocks which was deformed into mylonitic rocks and was later overprinted by cataclasite at the proximal region. The main objective of this project is to identify and relate the kinematics of the MTL and physical conditions during the formation of the cataclasite.

From the thin sections observations, the grain size reduction of the mylonitic clasts was observed and was related with cataclasis. The cataclasite formed at the brittle fault zone enables chemically rich fluids to penetrate. This promotes the growth of foliated phyllosilicate minerals mainly muscovite from the alteration of presumably feldspars. Microstructural features such as riedel shears with C’ -type shear band fabric assist in indicating the sense of motion. Fracture densities and distributions are also quantified in all of the three sides of the sample in order to obtain a clearer view on the brittle properties.

Also, based on the crossed cutting relationship seen in the microstructures of the sample, a schematic deformation history of the sample was constructed. The MTL begins with a sinistral shear sense which causes the mylonitisation of the Ryoke granitoids. Upon the cooling of temperature, cataclasite was formed and transpression of the shear zone causing pressure solution seams to be precipitated which resulted in the formation of phyllonite. Lastly, a late stage reactivation of the pressure solution seams caused faulting to occur.

Furthermore, using the rake angle of the C’ and S fabrics of the Riedel shears, measured from the thin sections representing the different sides of the sample, the orientations of both the C’ and S planes could be reconstructed and plotted as a stereographic projection with values of [278/ 48N] and [124/ 82SW] respectively. The XZ plane which is 90˚ away from the intersection point of C’ and S planes has an orientation of [031/ 67SE]. By assuming plane strain and with the assistant of the software StrainSim v3, the simple shear strain, γ=0.73, the angular shear, Ψ=36˚ and material internal friction angle, Φ= 56˚. Similarly, the principle stress orientations are found to be at [62˚→158], [23˚→301] and [15˚→037] for σ_1, σ_2 and σ_3 respectively. By combining all the relationships mention above, the motion sense of the fault was identified as the NE block moving NW and downwards with a more dominant dip slip component. This dominant dip slip movement of the fault could be potentially related to the normal faulting movement of the MTL during the Ichinokawa Phase at 63-58Ma.

Moreover, the electron backscatter diffraction (EBSD) analysis of the sample is currently being conducted

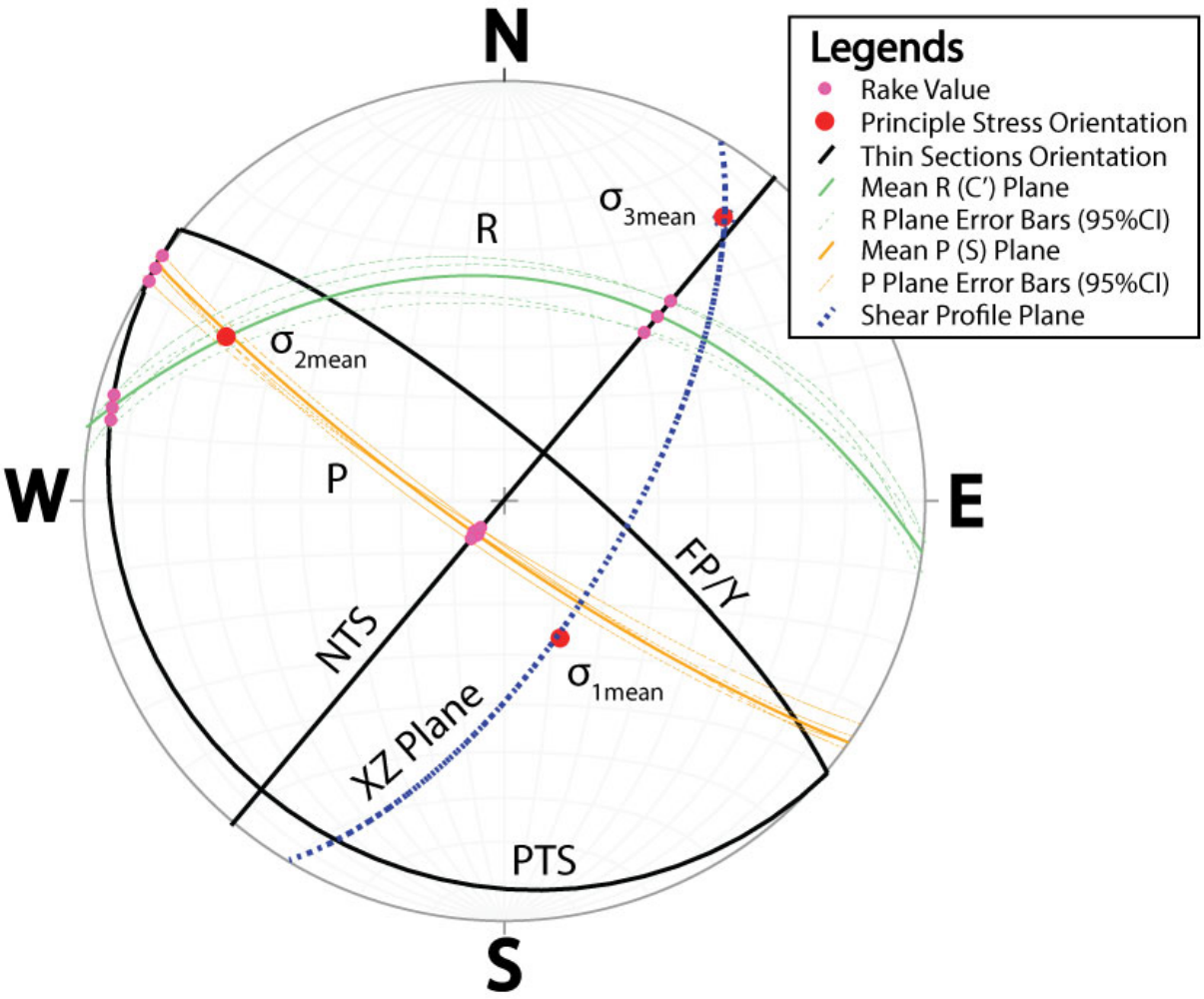
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

to analyse the distribution of the quartz’ s and calcite’ s C-axis fabric.

References

Hara, I, Shyoji, K., Sakurai, Y., Yokoyama, S., Hide, K., 1980. Origin of the Median Tectonic Line and its initial shape. *Memoirs of the Geological Society of Japan*. No. 18, 27–49.

Keywords: Median Tectonic Line (MTL), Cataclasite, Pressure Solution Seams, Shear Zone, Fractures, Kinematics



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層間の間隔と伸長・連結の関係：沖縄県宮古島における正断層群の例
Relationships between spacing and growth or linkage of normal faults in the Miyako Island, South Ryukyu arc, Japan

*前田 純伶[1]、大坪 誠[1]、朝比奈 大輔[1]、古野 由起[1]
*Sumire Maeda[1], Makoto Otsubo[1], Daisuke Asahina[1], Yuki Furuno [1]

1. 産業技術総合研究所　地質調査総合センター　活断層・火山研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan/AIST

断層群において相互作用及び連結の発生する距離を推定することは，断層帯の長期評価をする上で重要な課題の1つである．地震調査推進本部は主要活断層帯の長期評価をするにあたり，松田(1990)の起震断層の設定基準を用いて，5 km以内に分布する活断層をまとめて1つの起震断層として仮定し，その断層長から将来発生する可能性のある地震規模を見積もっている．しかし，活断層が活動することにより，断層長が将来的に変化する可能性があるため，断層の時空間的変化を評価に資する多角的な指標の導入が必要である．

断層が相互作用する距離を規定する要因として，応力摂動（Coulomb shear stress：Sc）の大きさが挙げられる（Soliva et al., 2006; Fossen and Rotevatn, 2016）．Soliva et al.（2006）は，断層群において，断層間の距離及び応力摂動の値を調べた．その結果，断層が活動した際に，隣接する他の断層のStress shadow（Sc＜0）領域に断層端が入ることで連結が起こると指摘した．このStress shadow領域の大きさは断層が存在する層厚に関係している．メカニカルレイヤー内で同じ傾斜方向を持つ正断層が発達する場合，初期段階では，ランダムに分布した断層群が伝播・連結することにより，断層の伸長・連結が飽和状態となり，断層発達の最終段階として，断層群が規則的な間隔分布を示すと考えられている（Soliva et al., 2006）．上記から，飽和状態となった断層間の距離及び応力摂動の値を推定することで，断層が存在する層厚や，断層の連結の可能性を検討できると考えられる．

断層間の距離及び応力摂動の値から断層の連結の可能性を検討するために，沖縄県宮古島市を研究対象地域として調査及び解析を行なった．宮古島には，異なる走向をもつ3つの断層群が存在しており，それらの断層間距離がほぼ規則的であることがわかった．本講演では，宮古島に存在する断層群の断層間距離と応力摂動の値を見積もり，断層の連結に関して検討した結果について紹介する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

中央構造線の三次元断層内部構造，紀伊半島東部の例
3D fault architecture along the Median Tectonic Line, eastern Kii Peninsula, SW Japan

*重松 紀生[1]、香取 拓馬[1,2]、亀田 純[3]、宮川 歩夢[4]
*Norio Shigematsu[1], Takuma Katori[1,2], Jun Kameda[3], Ayumu Miyakawa[4]

1. 独立行政法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、2. 新潟大学自然科学研究科、3. 北海大学大学院理学研究院、4. 独立行政法人産業技術総合研究所地質情報研究部門
1. Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 3. Department of Natural History and Sciences, Hokkaido University, 4. Research Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

内陸断層の深部，脆性–塑性遷移付近における変形の不均質は，地震発生を含む断層挙動に強い影響を与えている可能性がある．この影響を理解するためには，詳細な断層深部構造の情報が不可欠である．本研究では，紀伊半島東部の中央構造線を例に，削剥断層の地質調査に基づき三次元断層内部構造を明らかにすることを試みた．

三次元構造把握に必要な正確な位置情報は，無人航空機で撮影した写真に SfM (structure from motion)，MVS (multi-view stereo)の計算を行うことと，GNSS (Global Navigation Satellite system)測量を組み合わせることで取得した．さらに微細構造，鉱物の化学組成，走査型電子顕微鏡後方散乱電子線回折 (SEM-EBSD) を用いた石英の結晶方位に関する解析を行うことで，岩石の変形の特徴を明らかにした．これらの変形の特徴を，位置座標に基づき内挿し3D-CAD を用いて三次元モデルを構築した．

モデルでは，岩相境界としての中央構造線はほぼ完全な北傾斜の平面である．断層帯の内部構造は大きく2つに分かれる．1つは左横ずれのマイロナイト・カタクレーサイトを含む構造であり，もう1つは右横ずれの鱗片状カタクレーサイトなどを含み，さらに岩相境界付近の若い構造を含むものである．後者の構造は前者の構造を切っており構造形成の順序を示している．

鱗片状カタクレーサイトは中央構造線近傍のみに現れ，緑泥石の配列で特徴づけられる強い面構造を持つ．鱗片状カタクレーサイト内の緑泥石のモード組成は，周囲の領家帯起源の岩石に比べ高く，また圧力溶解シームがよく発達している．緑泥石温度計 (Bourdelle et al., 2013) に基づくと300 ℃付近での変形が示唆される．

左横ずれの構造の変形は，450 ℃付近で変形したマイロナイト (高温マイロナイト) から，300℃付近で変形したマイロナイト (低温マイロナイト)，300℃付近で変形したカタクレーサイトへと変化し，脆性–塑性遷移を記録した構造であることが示唆される．特徴的な構造として，幅 10 m 程の黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯がある．この互層帯のカタクレーサイトは黒色で強い面構造を示す．また互層帯のウルトラマイロナイトの石英結晶方位分布はほぼランダムである．この黒色カタクレーサイトとウルトラマイロナイトの互層帯は現在の削剥レベルが脆性–塑性遷移にあったときの断層変形の中軸部であったと考えられる．

キーワード：断層内部構造、脆性–塑性遷移、中央構造線、マイロナイト、カタクレーサイト
Keywords: Fault Zone Architecture, Brittle–Plastic transition, the Median Tectonic Line, Mylonite, Cataclasite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

山梨県南部，富士川流域に分布する衝上断層の南部フォッサマグナにおける位置づけ
ー身延・根熊断層を対象とした構造地質学的研究ー
Significant of thrust zone at Fuji river basin in the South Fossa Magna, Southern Yamanashi Prefecture, Central Japan
-Study of Structural geology of Minobu and Neguma fault-

*皆美 まどか[1]、小林 健太[1]
*Minami Madoka[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 国立法人新潟大学理学部地質科学科
1. Niigata university department of geology science

南部フォッサマグナ地域において，主要活断層と認定された身延断層をはじめ，糸魚川静岡構造線（以下ISTL），富士川河口断層帯（FUK）などの活断層がある．この地域は西南日本弧への伊豆-小笠原弧の衝突・付加の場である為，日本列島の形成を明らかにする上で，大変貴重である．本研究地域には，過去の衝突地塊によって形成されたトラフを充填した堆積物である，富士川層群が主に分布している．

本研究で着目した身延断層は，ISTLとFUKの間の活断層空白域において，接続する可能性が非常に高いとされており，近年，地形学的な活断層として，左横ずれセンスを示す結果が出されている．（水本，2016）しかしながら，身延断層北部では，新第三系の基盤との層序差が6000m以上であり，未固結の河床礫に衝上していることから，逆断層成分が多いと予想される．

今回，山梨県南巨摩郡南部町地域の地表踏査において，新たな断層露頭を確認，記載するとともに，身延断層をその走向と運動像からセグメントⅠ，Ⅱに分け，セグメントⅡから分岐する根熊断層と共に，応力解析，XRD分析を行った．

セグメントⅠでは，NW-SE走向NE・SW傾斜の断層系が発達し，セグメントⅡでは，NNW-SSE~NW-SE走向W傾斜の断層が多い．露頭内での砂岩岩片の隔離から左横ずれと判断した．身延地域全データからは，E-W圧縮の横ずれ応力場が検出された．根熊断層地域（以下，根熊地域）では，断層面の姿勢の ばらつきが多く，従来言われてきたNW走向W傾斜のデータのみを抽出すると，E-W圧縮の逆断層応力場とN-S圧縮の横ずれ応力場が検出され，前後関係を明らかにする必要がある．

また，身延断層系では，XRD分析より，緑泥石（Chl），カオリナイト（Kln），スメクタイト（Sm），イライト（Ill）が含まれており，NW-SE走向NE傾斜の断層はIll以外の上記三種が入っていた．根熊地域では，身延断層系と特異的な差として，Chl・Sm混合層と沸石類が入っていた．また，山崎（2012）ではカタクレーサイトを記載していることから，根熊断層は身延断層よりも深部での，言い換えるとより古期の活動があったと推測される．

本発表では身延断層，根熊断層の運動像と周辺の地質構造との関連に基づき，南部フォッサマグナにおける両断層帯の形成機構と構造発達史について議論する．

キーワード：南部フォッサマグナ、活断層、糸魚川静岡構造線、富士川河口断層帯
Keywords: South Fossa Magna, active faults, Itoigawa Shizuoka Tectonic Line, Fujikawa Kako Fault Zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2000年鳥取県西部地震余震域における断層岩の鉱物組成およびその空間分布

Mineralogical characteristics of fault rocks in the aftershock regions of the 2000 Western Tottori earthquake and its spatial distribution

*金木 俊也[1]、廣野 哲朗[1]、向吉 秀樹[2]、小林 健太[3]、竹下 徹[4]
*Shunya Kaneki[1], Tetsuro Hirono[1], Hideki Mukoyoshi[2], Kenta Kobayashi[3], Toru Takeshita[4]

1. 大阪大学大学院理学研究科、2. 島根大学大学院自然科学研究科、3. 新潟大学大学院自然科学研究科、4. 北海道大学大学院理学院
1. Graduate School of Science, Osaka University, 2. Graduate School of Science and Engineering, Shimane University, 3. Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 4. Graduate School of Science, Hokkaido University

2000年10月6日鳥取県西部にて*Mw*6.6の地震が発生した．本震は左横ずれ成分が卓越しており，震央は35.269 ˚N・133.357 ˚Eに位置していた．本震の破壊過程および滑り分布は地震時の強振動データおよび測地データから推定されており，本震の破壊は主に余震域の南部で発生したと報告されている．また，Yukutake et al. (2007) は余震のメカニズム解から本震前後の応力場を推定し，余震域の南部は北部や中央部に比べて摩擦的に非常に弱かった可能性があることを指摘している．しかし，断層物質の物性値の空間的均質性に着目して本震・余震の滑り挙動の地域性を理解しようとする試みはほとんど行われていない．

岩石の鉱物組成はその物性値を支配しうる要素の一つであり，一般的には摩擦的に弱い鉱物量が増えるほど断層岩の摩擦係数は劇的に減少する．よって，2000年鳥取県西部地震の余震域における滑り挙動の空間異方性を理解するためには，断層岩の鉱物組成の空間分布を明らかにすることが必要である．本研究では，余震域の北部・中部・南部に露出する14の断層露頭から100を超える岩石試料を採取し，粉末化した岩石に内部標準を加えた試料についてXRD分析を行った．得られたプロファイルを，鉱物定量解析ソフトRockJockを用いて解析することで，各試料の鉱物組成を定量的に推定した．その結果，破砕の影響を受けていない周囲の母岩はほとんどが花崗岩であり，採取した地域によらず同じような鉱物組成（主に石英・長石）を持つことがわかった．一方，断層岩の鉱物組成は明確な地域依存性を示し，北部ではハロイサイトの増加とカリ長石の減少，中部ではイライトの増加とカリ長石・斜長石の減少，南部ではハロイサイトの増加と斜長石の減少が確認された．これらの解析結果をもとにして各地域における代表的な断層岩を選定し，摩擦実験を行って摩擦強度やその速度依存性を調べることで，2000年鳥取県西部地震余震域における摩擦特性の空間分布を明らかにできると考えられる．また得られた物質科学的なデータを観測データと組み合わせることで，2000年鳥取県西部地震の本震・余震の滑り挙動の空間異方性に関する理解をさらに深めることが期待される．

キーワード：2000年鳥取県西部地震、断層岩、鉱物組成、XRD分析
Keywords: The 2000 Western Tottori earthquake, Fault rock, Mineral composition, XRD analysis

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年鳥取県中部地震余震域に発達する断層と地震との関係
Relationship between seismicity of the 2016 the Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area

*市村 正如[1]、向吉 秀樹[2]
*Masayuki Ichimura[1], Hideki Mukoyoshi[2]

1. 島根大学自然科学研究科、2. 島根大学総合理工学部地球科学科
1. Graduate School of Natural Science and Technology, Shimane University, 2. Department of Earth Science, Shimane University

The 2016 Central Tottori Earthquake (M6.6) occurred on October 21. The epicenter was Central Tottori and depth of hypocenter was 11km. Earthquake source fault was determined to be left-lateral strike fault developed NNW-SSE direction with WNW-ESE directional maximum principal stress axis. In the region, active fault related to the earthquake was not recognized. Although clarification of the occurrence of faults such strain concentration zone is important, there are no reports about detail field outcrop investigation in the area of this earthquake.
The aim of this study is to reveal relationship between seismicity of the 2016 Central Tottori Earthquake and fault distribution in the aftershock area based on field investigation and description of microstructure of the faults.

In this study area, late Cretaceous-early Paleogene medium-coarse-grained biotite granite is mainly distributed.

As a result of this study, total of 190 faults were observed in the aftershock area. Orientation of faults developed in NNW trending aftershock area were concentrated in NNW. On the other hand, faults in eastern part of aftershock area shows N-S~NE trend. Three-directional striation on the fault plane was observed in the aftershock area and only cataclasite was developed. The fault (strikes NNW) had horizontal striation was confirmed. P-foliation was observed in this fault rocks under the microscopic observation and indicated left-lateral strike slip.

The fault that had experienced strike slip, and shear sense consistent with earthquake source fault was confirmed. This result indicates that this fault had moved in the present stress field. According to previous study related to 2000 Western Tottori Earthquake, it is suggested that NNW trending fault system developed in southern part of the aftershock area was weaker than the surrounding area. With comparing these result, fault system in aftershock area of the 2016 Central Tottori Earthquake also might be weaker faults due to the orientation of faults correspond with the Y surface of the earthquake source fault.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熊本県南部御立岬周辺に見られる脆性剪断帯と地質構造から見た断層活動史

History of fault activity considered from the brittle shear zone and the geological structure near the Cape Otachi, Kumamoto Prefecture

*小柏 景司[1]、小林 健太[1]
*Keiji Ogashiwa[1], Kenta Kobayashi[1]

1. 新潟大学
1. Niigata University

【はじめに】

日奈久断層帯は九州西部に位置し，おおよそ北東一南西方向に81km延びる活断層帯である．日奈久断層帯は東側隆起の上下成分を伴う右横ずれ断層とされる[URL]．日奈久断層帯の破砕帯は肥後変成岩類分布域の娑婆神峠と下部白亜系分布域の御立岬付近の2か所で報告されている（松本・勘米良，1964）．娑婆神峠の破砕帯の中軸部は右横ずれ，外縁部では左横ずれを示す（小林・小柏，2016）．また，日奈久断層帯に平行な地質断層が見かけ左横ずれ断層である（斎藤ほか，2005）．これらのことは日奈久断層帯が過去に現在とは異なる運動像で活動していた可能性を示唆する．

破砕帯の解析と破砕帯周辺の地表踏査を行うことは，断層帯の活動史を解明するために重要である．また，九州は西南日本弧と琉球弧の会合部にあたる重要な地域であるため，日奈久断層帯の活動史を解明することは，島弧会合部のテクトニクスの理解に繋がる．本研究では，熊本県南部御立岬付近に見られる脆性剪断帯と地質構造から日奈久断層帯の活動史を解明することを目的として，地表踏査，断層岩の組織観察，XRD分析，小断層解析などを行う．

【地表踏査】

御立岬周辺の地表踏査の結果，下部白亜系日奈久層中で破砕帯を構成する小断層を観察し，断層の走向と運動像，切断関係から4系統に大別した．北北東一南南西走向の左横ずれ断層をF1，北北東一南南西走向の右横ずれ断層をF2，北北西一南南東走向の左横ずれ断層をF3，東西走向の右横ずれ断層をF4とした．F2はカタクレーサイトからなる脆性剪断帯中に見られる小断層群である．F1は脆性剪断帯の外側で見られ，一部は幅5cmの面状カタクレーサイト帯を形成する．F3とF4は互いに切断し合う小断層群である．F3は後述の岩脈群を変形させる．F4は脆性剪断帯を切断する．

断層以外では，脆性剪断帯の南東側に東北東一西南西方向のヒンジをもつ褶曲群を認定した．また，脆性剪断帯の東側に東北東一西北西走向が卓越する安山岩質岩脈群が観察された．F3よる岩脈の切断・屈曲，F3沿いに岩脈が注入する産状を確認した．この岩脈群は天草地方の新第三紀の貫入岩類と関係があるとされる（松本・勘米良，1964）．

【多重逆解法（山路，1999）による小断層解析】

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

F1から北北西ー南南東方向の圧縮応力場，F2から東北東ー西南西方向の圧縮応力場，F3とF4から北西ー南東方向の圧縮応力場を検出した．

【変動ステージ区分】

御立岬周辺で観察された断層・火成岩脈・褶曲の形成時期を，切断関係より求めた応力場にから，3つの変動ステージに区分し，古い方からD1，D2，D3とした．

D1では，北北西ー南南東方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の左横ずれ断層（F1）が活動した．圧縮軸方向を考慮すると，東北東ー西南西方向の褶曲軸をもつ褶曲群はD1で形成したと考えられる．

D2では，東北東ー西南西方向の圧縮応力場で，北北東ー南南西走向の右横ずれ断層（F2）が活動し，幅の広い脆性剪断帯を形成した．

D3では，北西ー南東方向の圧縮応力場で，北北西ー南南東走向の左横ずれ断層（F3）と東西走向の右横ずれ断層（F4）が活動した．

岩脈の屈曲やF3沿いに注入する産状は岩脈が未固結時にF3による変形を受けたことを示していると考えた．上記のような産状を考慮して，岩脈群はD2末期からD3初期までの間に貫入したと考えた．

【引用文献】

斎藤ほか，2005，八代及び野母崎の一部（20万分の1地質図幅），地質調査総合センター．松本・勘米良，1964，日奈久地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所．山路敦，1999，多重逆解法：複数の応力を検知する小断層解析の新手法，構造地質，no.43，79-88.

[URL]地震調査研究推進本部事務局，布田川・日奈久起震断層，

https://www.jishin.go.jp/main/oshirase/2016kumamoto.html

キーワード：日奈久断層帯
Keywords: Hinagu fault zone

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）　その1
ー塩ノ平断層における全体計画と現状ー
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.1 - Overall plan and current situation at Shionohira Fault -

*青木 和弘[1]、渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、瀬下 和芳[1]
*Kazuhiro Aoki[1], Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構
1. Japan Atomic Energy Agency

「ごく最近動いた断層（以下活動区間と呼ぶ）」の近傍に「今後動く可能性のある断層（以下非活動区間と呼ぶ）」がある場合,「今後動く可能性のある断層」と「ごく最近動いた断層」とでは応力状態に違いがあり，両断層には”活動しやすさ”に違いあると想定される．しかし，現在の原子力規制基準の考え方においては、断層の連動性に関する知見の不足から安全側に一連の断層として評価している。

筆者らは，非活動区間が断層活動を生じた場合に，活動区間も含めて一連の断層として本当に動くのかを明らかにするため，断層活動性評価手法の開発を目指し,活動区間と非活動区間との違いに着目した調査・分析を実施している．

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって，いわき市田人町旅人滑石から石住綱木北西に至る約14kmの区間に，北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した．この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された．4.11地震による地表地震断層は，井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる．今泉ほか（2018）によれば，確認された地表地震断層以南においていわき市旅人滑石から川部町佐倉西方まで，山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが，この区間に地表変位は現れなかった．本報告では，塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間，塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間としている．

筆者らは，塩ノ平断層及びその南方延長部を対象として調査を進めており，これまで露頭調査結果（亀高ほか2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか2015，2016）について報告しており，現在は原位置における応力状態を把握するために断層スリップ試験を実施している．今後，調査結果に基づき，断層破砕部の岩組成，応力状態，断層の最大静止摩擦力，間隙水圧等の関係から断層が活動する際の挙動解析を行う予定としている．本講演では，調査計画の全体概要及び断層スリップ試験の詳細について報告を行う．

断層スリップ試験では,試錐で確認した地下の割れ目の上下にダブルパッカーを掛け地上から高圧の水を注入して割れ目のずれを人工的に発生させ，その3次元変位量（マイクロメータからミリメーター）を測定できる装置および手法を用いる。本装置はSIMFIP (Step-rate Injection Method for Fracture In-situ Properties) probe と命名された（Guglielmi et.al. 2013）。本プローブおよび手法は、フランスにおけるCO_2の地中貯蔵研究のためにGuglielmiによって設計製作され、フランス南部の地下研究施設（LSBB）で最初に適用された（Guglielmi、et.al. 2015）。その後フランスのTournemire、スイスのMont Terri、米国サウスダコタ州の金鉱山跡などの地下研究施設における断層を対象に原位置試験が実施されている。本装置は、ダブルパッカーで区切られた区間の間隙水圧を高めることにより断層のずれを発生させ、その3次元のずれ量を定量的に測定することができ、地下水、石油、CO2、放射性廃棄物など地盤中のリークが問題となる現象の解明に役立つ。ま

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

た、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法であり、断層帯の摩擦と応力状態の推定が可能であることから、断層周辺の水理・力学の連成現象を理解するための手法として地震発生メカニズムの解明にも役立つものと筆者らは考えている。なお、本装置を使った原位置注水実験は日本での適用は初めてであり、活断層を対象にした原位置試験としては世界初である。

キーワード：SIMFIP、塩ノ平断層、活断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP, Shionohira fault, active fault, Fukushima Hama-dori earthquake, fracuter zone characteristics, injection experiment

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層活動性評価手法の検討（断層の活動条件把握への新たな試み）その２ －塩ノ平断層とその南方延長におけるSIMFIP試験結果－
Study on fault activity evaluation method (A new attempt to understand fault activities) No.2 - Injection experiment using a SIMFIP probe at Shionohira Fault and southern fault-

*渡邊 貴央[1]、田中 遊雲[1]、青木 和弘[1]、Guglielmi Yves[2]、Cook Paul[2]、Soom Florian[2]、若濱 洋[3]、能城 悠[3]、岩崎 悦夫[3]、亀高 正男[3]、瀬下 和芳[1]
*Takahiro Watanabe[1], Yukumo Tanaka[1], Kazuhiro Aoki[1], Yves Guglielmi[2], Paul Cook[2], Florian Soom[2], Wakahama Hiroshi[3], Noujou Haruka[3], Etsuo Iwasaki[3], Masao Kametaka[3], Kazuyoshi Seshimo[1]

1. 日本原子力研究開発機構、2. ローレンスバークレー国立研究所、3. ダイヤコンサルタント
1. Japan Atomic Energy Agency, 2. Laurence Berkley National Laboratory, 3. DIA CONSULTANTS

2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震（以下4.11地震と呼ぶ）によって、いわき市田人町石住綱木北西から旅人滑石に至る約14kmの区間に、北北西から南南東へ延びる地表地震断層が出現した。この地表地震断層は石山ほか（2011）によって塩ノ平断層と命名された。

4.11地震による地表地震断層は、井戸沢断層の一部（堤・遠田，2012の井戸沢断層西側トレース）にあたる。今泉ほか（2018）によれば、確認された地表地震断層以南において滑石から川部町佐倉西方まで、山玉町脇川から茨城県北茨城市関本町小吹まで活断層が識別されているが、この区間に地表変位は現れなかった。本報告では、塩ノ平地表地震断層が表出した区間を活動区間、塩ノ平地表断層以南の活断層を識別する区間を非活動区間と考える。

著者らは4.11地震による活動区間と非活動区間との違いに注目した調査・研究を進めており、これまで露頭調査結果（亀高ほか，2015）や破砕帯の摩擦特性（青木ほか，2015，2016、Seshimo, et. al., 2016) について報告している。活動区間及び非活動区間の破砕帯の水理特性に着目し、ボーリング孔内で行ったSIMFIP法（Guglielmi et al., 2013）による原位置試験の結果を比較する。

SIMFIP（The Step-Rate Injection Method for Fracture In-situ Properties）法は、破砕帯周囲の水圧を高め、断層の周囲をわずかに動かし、マイクロメータースケールで断層変位や孔内圧力、誘発された地震波を観測する手法である。圧力と変位データの結合解析により、断層帯の応力状態の推定が可能である。

調査地点は、活動区間としては地表変位が確認された塩ノ平地点、非活動区間としてはリニアメントが確認されているが地表変位が認められなかった水上北地点を選定した。

塩ノ平地点では、地表下30mまで鉛直ボーリング掘削を行い、深度15.11m～15.60mにおいて断層破砕部を確認した。SIMFIP試験は、健岩部の基礎データを取ることを目的とした地震断層上部に分布する第三紀堆積岩と断層破砕部を対象に2回試験を行った。試験深度の決定に際しては、コア観察、BHTV、孔径検層を実施し、不連続面等の地質状況や試験孔の孔壁の乱れを考慮している。堆積岩中の試験では、最大2.5～3 barの注水圧をかけることで、層理面に対応する方向への割れ目の開口が確認された。塩ノ平地震断層では、最大4.5～4.8 barの注水圧をかけることで、断層面に沿った開口とμm～mmスケールと地震波を伴うせん断によるマイクロスリップが確認された（Aoki et al., 2018）。

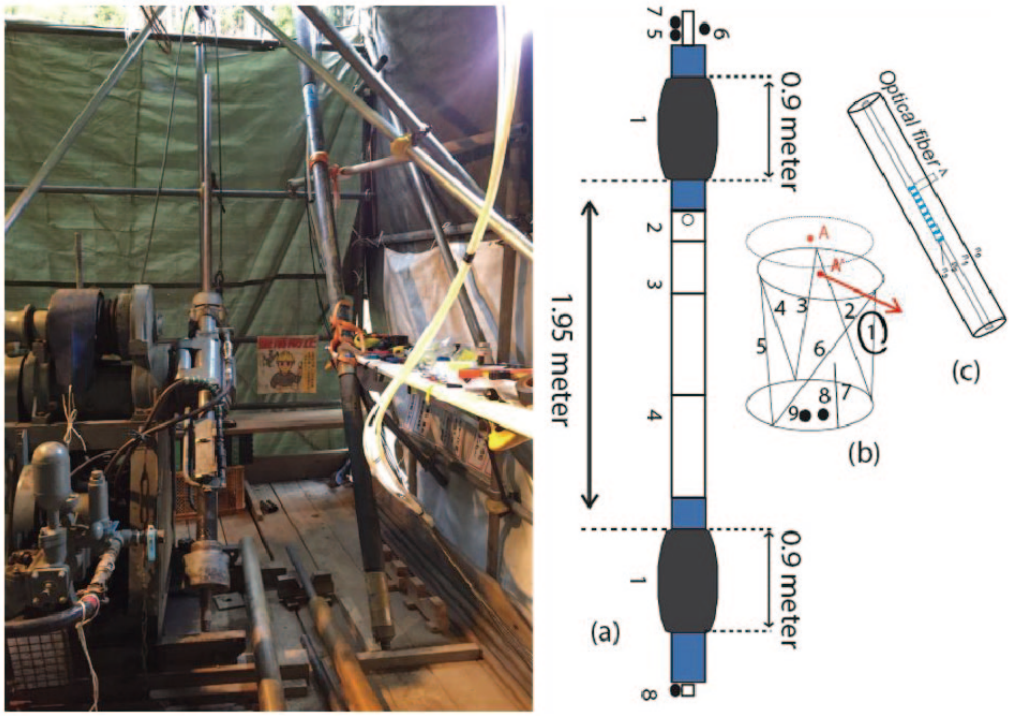
水上北地点では、地表下30mまで斜めボーリング掘削を行い、深度20.40 m～23.10 mに断層を確認した。投稿時現在、水上北地点ではSIMFIP法による原位置試験を行っている最中であり、本報告では塩ノ平地点の結果と水上北地点の測定結果の比較を報告する予定である。

〈引用文献〉

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

青木和弘ほか，2015, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-25.
青木和弘ほか，2016, 塩ノ平断層における断層ガウジの摩擦特性(その２)．日本地球惑星科学連合大会2016年大会講演要旨，SCG63-P23.
Aoki, et. al., 2018, Shionohira fault characterization using SIMFIP protocol, AGU Fall Meeting, Abstract H21P-1927.
Guglielmi, et. al., 2013, Rock Mechanics and Rock Engineering, DOI 10.1007/s00603-013-0517-1.
今泉俊文ほか，2018，活断層詳細デジタルマップ（新編）.
石山達也ほか，2012，2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層のトレンチ掘削調査（速報）, 日本地震学会ニュースレター，vol.23, no.5，36-38.
亀高正男ほか，2015, 塩ノ平断層の破砕部性状と断層活動性．日本地球惑星科学連合大会2015年大会講演要旨，SCG57-P32.
Seshimo, et.al., 2016, Frictional properties of Shionohira Fault Gouge of Fukushima, Japan (Part 2) –A comparison with Kuruma Fault Gouge at the Southern Extension of Shionohira Fault. AGU Fall Meeting, Abstract MR41D-2717.
堤　浩之・遠田晋次，2012，2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震の地震断層と活動履歴, 地質学雑誌，vol.118，no.9, 559-570.

キーワード：SIMFIP法、活断層、塩ノ平断層、福島県浜通りの地震、破砕部性状、注水試験
Keywords: SIMFIP method, active fault, Sionohira Fault, Fukushima-ken Hamadori Earthquake, fracture zone charactarizaton, injection test



-SIMFIP probe used in Minakami-Kita tests – Left is a photo of the drill rig with the assembled SIMFIP probe set on the right -
(a) SIMFIP plan (1 packers, 2 injection sub, 3 SIMFIP cage, 4 extension subs, 5 Inclinometer, 6 Accelerometer, 7 Top pressure, 8 Bottom pressure)
(b) Principles of the sensor which is a deforming cage in 6 different directions + 1 reference (7) + 1 interval pressure (8)
(c) We build all our sensors using Bragg gages all connected on the same optical fiber.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2018年北海道胆振東部地震の動的破壊シミュレーション：非平面断層形状の役割

Dynamic rupture simulation of 2018, Hokkaido Eastern Iburi earthquake: Role of non-planar fault geometry

*久河 竜也[1]、安藤 亮輔[1]
*Tatsuya Hisakawa[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学
1. The University of Tokyo

The 2018, Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquakeis an event characterized by complexity of rupture process, which may involve both reverse and strike slip depending on the locations on the fault surface. We perform dynamic rupture simulations based on simple physical laws and conditions for stressing and fault friction, taking complexity of the fault into account. The complex fault geometry is numerically treated by the boundary integral equation method accelerated by the fast domain portioning method. We search in a small number of parameter spaces for the stress ratio of the regional stress field and the frictional coefficients assumed to be the same over the fault area, rather than assigning heterogeneous distributions of the stress drop on the fault, to evaluate to what extent relatively simple forward models accounting for realistic fault geometry can explain the characteristics of coseismic observations. The fault geometry is constrained based on the aftershock distribution (NIED, 2018) and characterized primarily by the combination of three fault planes. As the result, we are able to reproduce several observed features of the event including the spatial variation of the fault slip direction, which is inferred from the seismological inversion (Okuwaki and Yagi, 2018), and the ground surface displacement observed by GEONET. The results suggest that the complex rupture event can be reproduced by a relatively simple physical model to some extent if the geometrical complexity of the faults is properly taken into account.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

任意非平面断層形状を扱う汎用動的地震サイクルシミュレータの提案、ベンチマークテスト

A New Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator Applicable to Arbitrary Nonplanar Fault Geometries - A Benchmark Test

*佐藤 大祐[1]、Nadia Lapusta[2]、野田 博之[1]
*Daisuke Sato[1], Nadia Lapusta[2], Hiroyuki Noda[1]

1. 京都大学防災研究所、2. カリフォルニア工科大学
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 2. California Institute of Technology

詳細な観測データに基づくデータ同化をもとに、震源モデルは単純な経験則だけでは測り得なかったより細やかな防災情報や、震源物理学の直接理論検証の機会を提供しつつある(たとえばthe Third California Earthquake Rupture Forecast (UCERF3)にみるように)。この背景には、coseismicのみならず前震・余震過程を含む長期地震活動をモデル化できる物理シミュレータ(地震サイクルシミュレータ)が登場したことがある(Barbot et al., 2012: Richards-Dinger and Dieerich, 2012)。しかし、coseismicの動的震源過程を正確に解けてかつ沈み込み帯や内陸断層などの幅広いテクトニック環境に適用可能な汎用地震サイクルシミュレータはまだない。適用対象となる地震活動は現在のところ大きく限定されている。

本研究では、非平面に適用可能な初めての地震サイクルシミュレータを提案、実装結果を概観する。これは非平面に適用可能な高速(準線形時間)解法である高速領域分割階層型行列法(FDP=H-matrices)に基づく(佐藤・安藤、2018)。このため、従来シミュレータの本質的問題である動的破壊過程求解時の断層ジオメトリへの制限を克服している。発表では、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)のベンチマークテストを用い、精度と速度が調べられる。結果は、ByCyclE(Lapusta et al., 2000)などの従来シミュレータと比較され、提案シミュレータの有効性が議論される。予備的な、非平面環境での地震サイクルもデモされる。

キーワード：動的地震サイクルシミュレータ、非平面断層(地表+沈み込み帯・内陸断層)、SCEC地震余効滑り系列プロジェクト(SEAS)
Keywords: Fully-Dynamic Earthquake Cycle Simulator, Nonplanar Fault Geometries (Subduction Zones + Ground Surfaces and Inland Faults), SCEC Sequences of Earthquakes and Aseismic Slip project (SEAS)

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

体積非弾性歪みと非一様弾性構造とを扱う境界積分方程式法での変位・応力核

Stress and displacement Green's functions to treat volumetric inelastic strain and elastic inhomogeneity in boundary integral equation method

*佐藤 大祐[1]
*Daisuke Sato[1]

1. 京都大学防災研究所
1. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

境界積分方程式法(BIEM)は断層運動をシミュレートするための標準的解法として知られる。さらにごく最近では、高速アルゴリズムの整備(Sato and Ando, 2018)、不均一弾性構造への拡張(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)などを受け、従来知られていたBIEMの欠点も解決されつつある。しかし、均質弾性媒質以外への適用法は明らかとなった一方、解析的な困難のために、弾性不均一・体積非弾性歪み(重力下での粘性緩和など)を含む積分方程式をシミュレートするための離散化された積分核の解析的表現が導かれている状況は限定されている。

本研究で私は、これら発展的なBIEMに必要な積分核の実時空間での解析的表現を、等価介在物法(Eshelby, 1956; Mori and Tanaka, 1973)に基づき導く。まず第一に体積非弾性ひずみに対して、(体積)積分方程式法(Barbot and Fialko, 2010)が非弾性歪みを生じる領域とそれ以外とを仕切る多角形面のBIEMに帰着することを示す。具体例として、三次元一様等方無限弾性体中での八面体要素の区分一定非弾性歪みへの変位・応力グリーン関数が静的な場合に導かれる。これを用いれば、たとえばHok and Fukuyama (2011)の手法で半平面での場合に余効滑りと粘性緩和とが同居する状況がモデル化可能となる。動的な場合にも、拡張境界積分方程式法(Kame and Kusakabe, 2012; Kusakabe and Kame, 2018)で得られているグリーン関数の一部と同一であることが示される。

第二に、固有歪みを導入することで表現定理での表面積分を表面上の等価固有変位への応答の積分核へと書き換える。その帰結として、絶対トラクションが歪みと固有歪みで記述される状況下では、すでに解析的表現が得られている滑りに対する応力核(Tada and Madariaga, 2001; Tada, 2006; Ando et al., 2007; Ando, 2016)のみで不均一弾性構造を扱える手法が存在しうることが示唆される。一般の弾性不均一構造を扱うKame and Kusakabe (2012)の手法との例題比較から、今回提案する手法の正しさが検討される。

これら弾性(速度)構造・非弾性歪みを記述する積分核を用いれば、非平面動的地震サイクルシミュレータ(Sato, Lapusta, and Noda, planned to be presented in JpGU 2019)と合わせて、現実的環境下での地震活動をモデル化する手立てが開かれることが期待される。

キーワード：体積非弾性歪み、速度構造、境界積分方程式法
Keywords: volumetric inelastic strain, velocity structure, boundary integral equation method

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ドレライトおよび花崗岩の中速摩擦特性に対する背景温度の効果
Frictional properties of dolerite and granite at intermediate slip rates and controlled ambient temperatures

*澤井 みち代[1]、横山 湧紀[1]、金川 久一[1]
*Michiyo Sawai[1], Yuuki Yokoyama[1], Kyuichi Kanagawa[1]

1. 千葉大学
1. Chiba University

High velocity friction experiments (up to several m/s) on many types of rocks have revealed that frictional strength decreases with increasing slip rate at seismic slip rates (e.g., Tsutsumi and Shimamoto, 1997; Di Toro et al., 2011). Coseismic weakening has been attributed to temperature rise including flash heating, melt lubrication or thermal pressurization (e.g., Rice, 2006; Hirose and Shimamoto, 2005). Although the importance of temperature during fault motion are widely recognized, the effects of temperature on frictional properties at intermediate to high slip rates remain unknown. We therefore conducted friction experiments at a wide range of temperatures and investigated the effects of temperature on the friction coefficient (μ).

Experiments were performed on dolerite (Belfast, Northern Ireland) and granite (Aji, Japan) using a rotary shear deformation apparatus at Chiba University. Samples were displaced up to 10 - 20 m at a normal stress of 1 MPa, slip rates of 1 to 300 mm/s, and ambient temperatures of 20 - 500°C in an argon atmosphere with an oxygen concentration of 0.2 %.

At 20°C and 100°C, dolerite showed velocity weakening at slip rates ranging from 1 to 30 mm/s with μ of 0.81 - 0.83 at 1 mm/s and of 0.73 at 30 mm/s. Whereas at high temperatures >300°C, friction is almost constant (μ = 0.81 - 0.85) at < 30 mm/s. At 100 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at 20 °C and 100°C with μ = 0.75 - 0.79 and clear velocity-weakening at more than 300°C with μ = 0.67 - 0.76. At 300 mm/s, the dolerite showed strong velocity weakening at all temperatures investigated. The amount of weakening (i.e., the drop in friction, $\Delta\mu$) increases with increasing temperature ($\Delta\mu$ = 0.1 - 0.38). Thus, the frictional properties of dolerite are affected not only by slip rate but also by ambient temperature.
Experiments using granite to decipher the effect of materials on temperature dependence are in progress. Our preliminary results are summarized as follows. At <30 mm/s, the behavior is slight velocity strengthening at room temperature and velocity-weakening at temperatures of 100-300°C. At >300°C, friction is almost constant. Friction coefficient decreases with increasing temperature of 20-300°C and increase again at >400°C. At >100 mm/s, clear velocity-weakening did not occur except at temperatures of 20°C. More results especially on granite will be reported at the meeting.

キーワード：摩擦、温度効果、ドレライト、花崗岩
Keywords: friction, temperature dependence, dolerite, granite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

多変量解析による地熱地域の坑井データを用いた地層の特徴の抽出
Extraction of features of strata using borehole data of geothermal area by multivariate analysis

*小嶋 洸輝[1]、石塚 師也[2]、茂木 透[3]、梶原 竜哉[4]、杉本 健[4]、浅沼 宏[5]
*Ojima Hiroki[1], Kazuya Ishitsuka[2], Toru Mogi[3], Tatsuya Kajiwara[4], Takeshi Sugimoto[4], Hiroshi Asanuma[5]

1. 北海道大学工学部環境社会学科、2. 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻、3. 北海道大大学大学院工学研究院環境循環システム部門、4. 地熱エンジニアリング株式会社、5. 産業技術総合研究所福島再生エネルギー研究所
1. Department of Socio-Environmental Engineering Hokkaido University, 2. Division of Urban Management, Graduate School of Engineering, Kyoto University, 3. Division of sustainable Resources Engineering, Faculty of Enginieering, Hokkaido University, 4. Geothermal Engineering Co. Ltd, 5. Fukushima Renewable Energy Institute, AIST

In geothermal development, geological characteristics are often estimated qualitatively based on logging data of geothermal wells. On the other hand, the quartz index (QI) has quantitative information on minerals, and the index enables to objectively extract features of the geological formation using a statistical method. Therefore, in this study, from the QI obtained from the core cuttings in a geothermal field, we developed and examined a method to classify and extract geological features along with a well by multivariate analysis (in particular the difference in alteration degree). Specifically, we first carried out a principal component analysis to extract and emphasize the features of the data through dimensionality reduction. Then, their lithological features were classified by clustering using a Gaussian mixture model. In addition, the classification results by our method were compared with electric logs and temperature logs. In this study, we used the data obtained from wells in a geothermal area at Iwate prefecture. The geology of this area consists of andesite tuff and dacite tuff. The QI is defined as the percentage of the strongest X-ray intensity of a certain mineral in the sample from the strongest X-ray intensity of pure quartz measured under the same experimental conditions. This value means the content (weight percentage) in the sample for quartz and the relative quantitative ratio for the other minerals. In order to verify our proposed method, the principal component analysis was performed on the standardized QI data of clay minerals and compared with the results of existing geological classification based on geological interpretation. As a result of the comparison, our classification results agree with the results of existing geological classification, thus the classification of the strata by our method is valid. Next, in order to examine the effect of the dimensionality reduction by a principal component analysis, we compared the following cases: (i) clustering without dimension reduction for all QI, and (ii) clustering after applying the dimensionality reduction to all QI. In the case of dimensionality reduction, we used the principal components with a total contribution total over 95%. As a result of the comparison, the optimal classification number of the strata without the dimensionality reduction (case (i)) was 6. On the other hand, in the case of dimensional reduction (case (ii)) the optimal classification number was 10. The number of the optimal class indicates that more detailed features can be extracted using dimensionality reduction by principal component analysis. Notably, the classification in the depth range from 0 to 1000 m became detailed, highlighting the correspondence between clay, zeolite minerals and the geological formation.

キーワード：石英指数、主成分分析、クラスター分析
Keywords: quartz index, principal component analysis, clustering

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

東北日本弧北部における白亜紀花崗岩類の低温領域熱年代学：島弧平行方向の熱史/削剥史の復元を目指して

Low-temperature thermochronology of Cretaceous granitoids from the northern Northeast Japan Arc: Towards reconstructing arc-parallel thermal/denudation histories

*福田 将眞[1]、末岡 茂[2]、Kohn Barry[3]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Shoma Fukuda[1], Shigeru Sueoka[2], Barry Paul Kohn[3], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構、3. メルボルン大学地球科学、4. 金沢大学環日本海域環境研究センター、5. 金沢大学理工研究域自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University , 2. Japan Atomic Energy Agency, 3. School of Earth Sciences, The University of Melbourne, 4. Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

東北日本弧は弧ー海溝系に分類され，火山活動や地震活動などが活発に起こる変動帯である．その構造発達史に関しては，地形・地質学的研究から多角的に議論され，比較的よく研究された島弧であるといえる．また，近年，分野複合的研究プロジェクトによって，GPSや活断層，数値モデリングから室内摩擦実験に至るまで，多様な観点・手法から研究が進められ，多くの知見が蓄積しつつある(Iio et al. 2018, EPS)．我々の研究グループでは，熱年代学的手法を用いて長期的なタイムスケール(＞10^6年)における鉛直方向の非弾性変形の推定を目的とし，低温領域の熱年代学的手法を用いて島弧単位での熱史/削剥史の解明に貢献してきた．

熱年代学的手法は，放射年代測定によって得られる年代値と，その手法と対象鉱物との組み合わせに固有の閉鎖温度を利用して，試料の温度時間履歴（熱史）を推定する手法である．山地形成のような地殻表層の現象を捉えるためには，閉鎖温度の低い手法が有効であり，ヨーロッパアルプス（Wagner et al. 1977, Mem. Inst. Geol. Mineral., Univ. Padova）やヒマラヤ (Blythe et al. 2007, Tectonics) などの世界の大規模な変動帯で成功を収めてきた．ただし，熱年代学的手法から直ちに推定されるのは試料の冷却過程であり，削剥史や隆起史を復元するためには，地温勾配や隆起と削剥の動的平衡など様々な仮定が必要であることに留意したい．このようにして求められた100万年スケールの隆起速度は，地殻内部に蓄積する鉛直方向の非弾性変形（永久変形）に相当すると考えられる（池田ほか 2012 地質学雑誌）．

筆者らの研究グループは2014年から2019年現在までに東北日本弧全域において，およそ100点の花崗岩試料を採取し，そのうち数十点において低温領域の熱年代学的手法を適用してきた．主要な成果として，東北日本弧南部に分布する白亜紀ー古第三紀の花崗岩類に対して，島弧横断方向にアパタイトおよびジルコン(U-Th)/He（それぞれ，AHe, ZHe）法（Sueoka et al. 2017, EPS）およびアパタイトフィッション・トラック（AFT）法（Fukuda et al. 2019, JAES:X）を適用し，阿武隈山地ー奥羽脊梁山地ー朝日・飯豊山地のそれぞれには熱史/削剥史のコントラストが存在することを明らかにしてきた．本講演では，島弧横断方向さらに平行方向の熱史/削剥史の推定を目的に，東北日本弧北部の山地である北上山地ー奥羽脊梁山地ー太平山地で採取した白亜紀花崗岩類の岩石試料に対し，AHe/ZHe法（Fukuda et al. in prep., EPS）およびAFT法を適用した結果について報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

AHe年代は 88.6～0.9 Ma, AFT年代は 138.0～2.0 Ma, ZHe年代83.9～7.4 Maが得られ，島弧単元ごとに見ると，南部での熱年代学的研究結果と同様の前弧側一奥羽脊梁山地一背弧側のコントラストが推定された．このことから，基本的に島弧平行方向の熱史は南北で似た傾向を示すことが推定される．ただし，南北での相違点も検出された．例えば，①阿武隈山地よりも北上山地は非常に古い年代を示す（例えばAFT年代では，阿武隈：80～40 Ma，北上：130～75 Ma）こと，②太平山地近傍で非常に新しいAFT年代（2 Ma）が見出されたこと，③AHe/ZHe年代計に対して，閉鎖温度の関係に矛盾したAFT熱年代値の逆転（例えばFST04，FST05）などである．関連する構造発達史や隆起史などのモデルとも絡めつつ，引き続き研究を継続する．

今後の課題として，見かけの熱年代値より高精度に熱史を復元可能なAFT法による熱史逆解析の適用が挙げられる．また，より空間解像度の高い熱史の推定を目指すために，サンプリング地点を増やし，適用地域の拡大を試みる予定である．

キーワード：熱年代学、東北日本弧、フィッション・トラック法、(U-Th)/He法、島弧
Keywords: Thermochronology, Northeast Japan Arc, Fission-track method, (U-Th)/He method, Island Arc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Uplift and denudation history of the South Fossa Magna region using low-temperature thermochronometric methods

*小林 侑生[1]、末岡 茂[2]、福田 将眞[1]、Kohn Barry[3]、横山 立憲[2]、長谷部 徳子[4]、田村 明弘[5]、森下 知晃[5]、田上 高広[1]
*Yumi Kobayashi[1], Shigeru Sueoka[2], Shoma Fukuda[1], Barry P. Kohn[3], Tatsunori Yokoyama[2], Noriko Hasebe[4], Akihiro Tamura[5], Tomoaki Morishita[5], Takahiro Tagami[1]

1. 京都大学 大学院理学研究科、2. 日本原子力研究開発機構　東濃地科学センター、3. メルボルン大学、4. 金沢大学　日本海域環境研究センター、5. 金沢大学　理工学域　自然システム学類
1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency, 3. University of Melbourne, 4. Institute of Nature of Environmental Technology, Kanazawa University, 5. Department of Earth Sciences, Kanazawa University

The South Fossa Magna region is located at the junction of the Japan and Izu-Bonin arcs. Up to four crustal blocks of the Izu-Bonin arc, i.e., Kushigatayama, Misaka, Tanzawa, and Izu, collided this region and formed its crustal structures since the middle Miocene (1, 2). The timings of the collision events have been estimated by deposition ages of sediments between each block and the Japan arc. However, these questions remain unresolved.

In this study, we performed apatite fission track (AFT) and apatite (U-Th)/He (AHe) thermochronometric methods and U-Pb dating method to resolve the uplift and denudation history of the South Fossa Magna region.

The AFT ages are estimated to be 14.7 ±4.7 Ma in the Okuchichibu area (c.f., hornblende K-Ar age: 10.5 ±1.5 Ma (3)), 3.0 ±0.5 Ma, 9.2 ±2.2 Ma, and 7.6 ±0.9 Ma in the Kano Mountains (c.f., biotite K-Ar age:i.e., 10.5 ±0.4 Ma (4)), 3.6 ±2.5 Ma in the Minobu area (c.f., biotite K-Ar age: 5.4 ±0.3 Ma (5)). Also, the AFT ages are inferred at 37.0 ±5.9 Ma in Mt. Tsukuba (c.f., Rb-Sr whole rock isochron age: 61.6 ±4.3 Ma (6)), and 44.9 ±4.1 Ma in the Sori granitoid in Gumma Prefecture (c.f., biotite K-Ar age: 92.6 ±0.6 Ma (7)). The rocks which have younger AFT ages than the formation ages may reflect the uplift and denudation events since the rock formation. However, exhumation rates of the Tanzawa mountain, the closest mountain to the Izu block, did not increase before and after the collision of the Izu block (8), which may imply that the collision of the Izu block did not cause the uplift and denudation events significantly.

We also obtained the new AHe ages and U-Pb ages. The AHe ages for Okuchichibu area, Kanto mountains and Minobu area are about 3 Ma. Furthermore, according to the results of the inverse thermal analysis using the apatite FT lengths data, the granites in Okuchichibu area and the southern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 3 Ma, and the granites in Minobu area and northern part of Kanto mountains cooled rapidly since about 1 Ma. The results of AHe ages were consistent with the results of inverse analysis. Based only on these ages, the rapid cooling ages of 3 Ma and 1 Ma are comparable to the collision ages of the Tanzawa block and the Izu block, respectively.

References

[1] Amano et al., Structural Geology 43, 11-20 (1999).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[2] Kano, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo 77, 231-248 (2002).
[3] Ueno and Shibata, J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol. 81, 77-82 (1986).
[4] Shibata et al., Bulletin of the Geological Survey of Japan 35, 19-24 (1984).
[5] Sato et al., Gumma Mus. Natu. Hist. 19, 95-109 (2015)
[6] Arakawa and Takahashi, J.Min. Petr. Econ. Geol. 83, 232-240 (1968)
[7] Sudo, M. et al., Geochemical Journal 32, 49-58 (1998)
[8] Yamada, K. and T. Tagami, Journal of Geophysical Research 113, B03402, doi: 10.1029/2007JB005368 (2008).

キーワード：低温領域の熱年代学、南部フォッサマグナ、アパタイトフィッション・トラック
Keywords: low-temperature thermochronology, South Fossa Magna, apatite fission track

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海岸低地帯の発達過程に基づく関東地震の残留隆起量と再来間隔の相関性
Correlation between residual uplift and recurrence interval of the Kanto earthquake based on developmental process of coastal lowland

*金 幸隆[1]
*Haeng-Yoong Kim[1]

1. 大阪市立大学　大学院理学研究科　生物地球学専攻
1. Osaka City University, Graduate School of Science, Division of Biology &Geosciences

地震時に海底面が隆起して，海成段丘が形成されることは良く知られる．海成段丘は，地震時に離水した海成面と地震後に形成された高さ数m未満の低崖からなり，海岸線沿いに階段状に分布する．先行研究では，一段一段の海成段丘は，一回一回の地震の痕跡として認識されており，この前提のもとに一段一段の海成段丘の地形情報から過去の地震の履歴と再来間隔および地震時の隆起量を推定する研究が行われている．しかしながら前杢（1988）は，南海トラフのプレート沈み込み帯で発生する地震性隆起と地震間沈降が繰り返されることにより，一段の平坦な段丘面が形成されることを推論し，階段状の段丘は陸側の海底断層の活動によって海岸に大きな変位が生じることによって形成されるとした．私たちは，一段の段丘面が複数回の地震サイクルで形成される前杢の推論を実証する地形・地質データを相模トラフのプレート沈み込み帯の直上に位置する三浦半島において明らかにした．

地形判読の結果，三浦半島の岩石海岸では，海抜1 m付近に1923年大正関東地震時の段丘面，また海抜2 m付近に1703年元禄関東地震時の段丘面が分布する（松田・他，1974）．また半島に多数発達する入江の奥では，後背地から海底に運搬された堆積物で埋め立てられた海岸低地が，元禄地震の段丘面の標高付近に広く発達しており，一般に居住地や農地として利用されている．私たちは，半島南端部の入江の奥に分布する海岸低地の発達過程を詳細に調べた．その結果，1703年よりも古い時代に隆起した複数の海成段丘が1923年および1703年の隆起面の標高付近に残存していることが認められた．

見かけ上，一面に広がる平な海岸低地は，１つの地形面ではなく，複数段の小規模な海成段丘から構成されている．海成段丘の存在は，海面水位の相対的低下が突発的に生じたことを示す．これらの海成段丘は，海抜2.1m 未満に 5 つの領域に分けられた．その海成面の離水時期と標高を調べた結果，若い順に 1923 年大正地震の海成面：1.22m～ 1.37m, 西畑・他(1988)による 1703 年元禄地震の離水波蝕棚面：2.3 m，1293 年正応地震（1260-1380cal.AD 以降）の海成面：1.27 m，西暦約1000 年頃の地震（915cal.AD から 1150cal.AD）の海成面：1.63~1.93 m であり，さらに 古い時代まで段丘面が分布する（金・萬年，2018）．

このように，極めて海抜の低い海岸低地の中に形成時代の異なる小規模な段丘が残存（一部は埋没段丘）する理由は，1．プレートの沈み込みに伴う陸側プレートの弾性反発による地震隆起と地震間の沈降が繰り返されていること（Shimazaki *et al.*, 2011），また2．次の地震までに海面水位付近に新期の海成面が形成されること（金・萬年，2018），3．形成された海成段丘面が被覆層によって保存される条件があることによる．幅の広い段丘面や，美香かけ上一面に広がる平らな海岸低地面は，一回の地震で形成されたのではなく，複数回の地震時の隆起と地震間の沈降に伴った離水と沈水が繰り返すことによって形成された地形面である．

海成段丘の標高から直接的に導出される物理量は，地震時の隆起量ではなく，累積変位量と残留変位量である．地盤は地震間に沈降するため，2段の海成面の形成環境が地震前と地震後で一様である場合，前の地震時の段丘面と次の地震時の段丘面の標高差は，前の地震時の隆起量の残留隆起量を示す．これは歪みの蓄積の指標と推定される．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

上述の段丘面の標高と離水時期から，地震の発生間隔の長い1293年と1703年の410年間では，1293年の段丘面は元の標高（海面水位）まで完全に逆戻りしている．残留隆起量は0である．また地震の発生間隔の短い1703年と1923年の220年間では，1703年の段丘面は元の標高まで逆戻りすることなく，1923年の関東地震が発生した．残留隆起量は約1ｍである．したがって，海岸線に1703年元禄面と1923年大正面の2段の明瞭な段丘地形として認められと考えられる．

キーワード：海成段丘、残留隆起量、再来間隔、海溝型地震
Keywords: Marine terrace, Residual uplift, Recurrence interval, Subduction type earthquake

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

地震性海岸段丘の保存性の力学的考察：非対称な地震間と地震時の変形
Mechanics preserving co-seismic uplift and marine terraces: dissymmetric patterns of co-seismic and inter-seismic deformation

*鈴木 杏平[1]、小森 純希[1]、安藤 亮輔[1]
*Kyohei Suzuki[1], Junki Komori[1], Ryosuke Ando[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科
1. Graduate School of Science, University of Tokyo

房総半島の南部では沼Ⅰ-Ⅳ面と呼ばれる顕著な４つの海岸段丘が知られており、段丘の比高や形成年代から、地震時の隆起量や滑り量、地震発生時期などが推定されてきた(Matsuda et al., 1978 ; 中田ほか, 1980 ; 行谷ほか, 2011 ; Sato et al., 2016 など)。しかし、 先行研究において海岸段丘の形成と古地震イベントの関係を疑問視するものもある（Matsu’ura and Sato 1989、 Noda et al., 2018）。Matsu’ura and Sato (1989) は、長期的な地表面隆起を屈曲したプレート境界の定常的な滑り蓄積の効果として力学的に説明した。このモデルは地震域において地震間ではバックスリップ、地震時ではフォワードスリップによって変動を表現し、 また、 プレート境界面全体に沿った時間に定常的なフォワードスリップを与えている。このモデルから、彼らは地震時の変動パターンは地震間の変動パターンによって相殺され、 地表の隆起蓄積はプレートの定常沈み込みによる効果にのみ寄与するとした。しかし、これは沈み込み帯を水平成層構造の中に一枚の面としてスラブを表現し、さらにプレート境界面における境界条件として一様な変位量を与え、 地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップの量が等しいと仮定した単純化されたモデルによる帰結である。本研究の目的はより現実的なスラブの形状、 プレートの運動、 そして地震時の断層運動を考慮することによって、 地震時隆起量が地震時滑り量を記録し、地震サイクルにわたり残留、累積していかないか、 さらに、それが海岸段丘形成過程に影響するかについて、一般的な力学モデルの中で検証することである。

計算手順として、まず、海洋プレートの端に一定の変位を与え、プレート境界上に応力・歪を蓄積させる。次に、蓄積されたせん断応力を、断層上で働く動摩擦強度はどこでも一定であるとの仮定の下に、地震時に断層の滑りによって全て解放させ、そして地表面の鉛直変位パターンとプレート境界面の滑り量を求める。線形弾性論において重ね合わせの原理が成り立つことをふまえ、本研究では、地震間と地震時の両過程の境界条件を分けてそれぞれの鉛直変位の計算を行い、その和を取ることで残留量を計算した。また、実際のプレート境界面における、海山や地溝のような表面の凹凸が鉛直変位の空間パターンに与える影響も検証するために、プレート境界面に局所的に凹凸が入れられた場合についても2パターンの計算を行った。

計算の結果として、非固着域での地震間の滑り量は固着域の近傍で0に収束し、地震時滑り量は一様ではなく、プレート境界面全体で滑っていることがわかった。このことは、プレート内に永年変形を引き起こす、固着域で生じるプレート境界面の相対運動、すなわち累積滑り、は、Matsu’ura and Sato (1989)が仮定したような、一定速度で生じるのではなく、地震サイクルにおいて間欠的であることを示唆している。次に、鉛直変位残留量から、地震時と地震間でのそれらの空間パターンが異なっていることがわかった。さらに、プレート境界面に局所的な凹凸を入れると、地震時において各モデルの滑り量分布は異なり、それに対応して隆起の空間パターンが異なっていることが分かった。固着域は地震間に滑ることはないので、地震間の変形は、どの形状モデルにおいても同一であることに注意されたい。これらのことは、従来モデルの枠組みに置き換えて考えると、地震間のバックスリップと地震時のフォワードスリップが完全に打ち消し合っていない状況を端的に示している。このことは、段丘比高が滑り量を記録し、プレート境界面の形状が実際の海岸段丘形成に影響を与えることを示唆している。本研究の結果は、プレート境界面上の滑りが間欠的であり、地震時の滑りに海岸段丘形成が依存することを示している。つまり、本研究の結果は、海岸段丘の比高から古地震像を推定することが、二次的な地形改変による効果は別途検討する必要があるものの、地殻変動の観点からは、原理的には可能であることを示している。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：古地震、力学モデル、海岸段丘
Keywords: paleoseismic, mechanical model, Holocene marine terraces

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

断層の滑りやすさの評価による応力逆解析の分解能向上
Enhanced resolution of stress tensor inversion by using fault instability analysis

*佐藤 活志[1]
*Katsushi Sato[1]

1. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
1. Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University

Wallace-Bott仮説に基づく応力逆解析において，断層スリップデータと応力との適合度はミスフィット角によって測られる．ミスフィット角は，観測された断層の滑り方向と計算された剪断応力の方向との差である．この仮説は，高間隙水圧や低摩擦の条件で滑る断層や，既存の弱面を利用する断層など，いわゆるmis-orientedな方位を持つ断層を許容することが利点である．しかしその反面，観測された断層データに対して様々な応力が許容されるので，データから応力を強く制約することができない．そのため，複数の応力を分解して検出する能力が十分でない場合がある．

そこで本研究は，fault instabilityと呼ばれる断層の滑りやすさの指標（Vavrycuk et al., 2013）を導入し，応力逆解析法の分解能向上を試みた．Mohrダイアグラム上で断層面に働く剪断応力と法線応力を表す点と，Coulombの破壊基準の直線との距離が小さいほど断層は滑りやすいと考えられる（Sato, 2016）．そこで，その距離が小さいほど大きくなるようにfault instabilityを定義する．Fault instabilityの値によって，断層と応力の適合度に重み付けを施すことで，高いfault instability値を与える応力に高い評価を与えた．以上の計算には，Coulombの破壊基準に含まれる摩擦係数を仮定する必要がある．本研究は複数の摩擦係数の値を設定し，結果を比較した．

本手法を，新第三系～第四系を切る小断層群に適用したところ，分解能の向上が見られた．千葉県南東部の安房層群では，従来の手法では正断層型応力のみが検出されたが，本手法では逆断層型応力もあわせて検出された．大分県別府湾周辺の碩南層群では，従来の手法で南北引張応力のみが得られていたところ，東西引張応力も検出された．

References
Sato, K., 2016, Journal of Structural Geology, 89, 44-53.
Vavrycuk, V., Bouchaala, F. and Fischer, T., 2013, Tectonophysics, 590, 189-195.

キーワード：応力逆解析、小断層解析、滑り傾向
Keywords: stress tensor inversion, fault-slip analysis, fault instability

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

P波初動データと空間応力パターンから推定した2000年鳥取県西部地震の余震のメカニズム解

Focal mechanisms of the aftershocks of the 2000 Western Tottori Earthquake inferred from P wave first-motion data and spatial stress pattern

*岩田 貴樹[1]
*Takaki Iwata[1]

1. 常磐大学
1. Tokiwa University

A Bayesian approach to estimating a spatial stress pattern was developed [Iwata, 2018, JGR] (hereafter IW2018), and as an extension of this approach Iwata [2018, SSJ fall meeting] has proposed a method to infer focal mechanisms from P wave first-motion data and stress pattern estimated with the Bayesian approach. In this study, this method was applied to a real dataset taken from aftershocks of the 2000 Western Tottori earthquake.

The analyzed P wave first-motion dataset was retrieved from Kawanishi et al. [2009, JGR], which complied records from October 15 to November 30 in 2000. This dataset contains 47,570 P wave first-motions of 3592 events (for details see IW2018). The spatial pattern of stress field was taken from the result of IW2018 that also analyzed the same P wave first-motion dataset. The inferred focal mechanisms show rotation of the azimuth of P-axis around the main fault in the southern area; this feature has been seen in Yukutake and Iio [2017, EPS] and will be the reflection of the stress rotation found in the same area revealed by IW2018.

From the inferred focal mechanisms and spatial stress pattern, the normal and shear stress exerted on the fault plane was evaluated. Then, following the method of Terakawa [2010, Geology], fluid pressure for each of the events was estimated. Two datasets of the fluid pressure in the northern and southern areas of the aftershock areas were constructed and examined whether the two datasets follow the same distribution with the Kolmogorov-Smirnov test. Consequently, the test revealed that the fluid pressure in the southern area is significantly larger than that in the northern area, with a P-value of 1.6e-3.

キーワード：メカニズム解、応力場、応力回転、P波初動、空間統計、間隙流体圧
Keywords: focal mechanism, stress field, stress rotation, P wave first-motion, spatial statistics, fluid pressure

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

2016年ニュージーランド・カイコウラ地震の震源域における応力場
Stress tensor inversion in focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikoura earthquake, New Zealand

*松野 弥愛[1]、岡田 知己[1]、松本 聡[2]、河村 優太[2]、飯尾 能久[3]、佐藤 将[1]、Bannister Stephen[4]、Ristau John[4]、Savage Martha[5]、Townend John[5]、Pettinga Jarg[6]、Ghisetti Francesca[7]、Sibson Richard[8]
*Miu Matsuno[1], Tomomi Okada[1], Satoshi Matsumoto[2], Yuta Kawamura[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[1], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Townend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター、2. 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター、3. 京都大学防災研究所、4. GNS Science, New Zealand、5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand、6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand、7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand、8. University of Otago, Dunedin, New Zealand
1. Research Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, 3. Disater Prevention Research Institute, Kyoto University, 4. GNS Science, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

本研究では、ニュージーランドの南島北部で発生したカイコウラ地震を研究対象とし、地震のメカニズム解を複数決定することによって、本震前後の応力場を求めた。この地域の応力場を求めた先行研究として佐藤(2017: 東北大学修士論文)があるが、本震断層面上で余震が多く起きている場合、断層面が偏りを持って分布している可能性があるため、本震断層面上で発生した余震メカニズム解の影響を検討する必要がある。そのため、Hamling et al. (2017)で設定された20の断層モデルと余震メカニズム解とのKagan角(Kagan, 1995)を用いて、断層面上で起きていると考えられる余震を取り除いた後、応力テンソルインバージョンを行った。

それぞれの余震に対し最も近い断層とのKagan角を求めた結果、多くの地震のKagan角はメカニズム解の誤差を超えるような大きい値を取り、余震には本震断層面以外で起きた地震も多く含まれると考えられる。

本震後の地震を用いた応力テンソルインバージョンの結果、南島北部のロンドンヒル断層付近の地域やKekerengu断層付近の地域では、Kagan角の閾値に依らず安定した横ずれ断層型となった。また水平最大圧縮軸方向はおよそN115Eであり、本震前について得られている方向と概ね変わらなかった。しかし、本震の震源付近の地域では複数断層が存在する地域であるためか、安定した応力場が得られなかった。今後は、本震の震源付近の地域や本震前の地震についてもメカニズム解を増やし、安定した応力場を得られるようにする必要がある。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Precise hypocenter distribution in the focal area of the 2016 Mw7.8 Kaikorua Earthquake, New Zealand

*河村 優太[1]、松本 聡[1]、岡田 知己[2]、松野 弥愛[2]、飯尾 能久[3]、Tadashi Sato[2]、Stephen Bannister[4]、John Ristau[4]、Martha Savage[5]、John Twonend[5]、Jarg Pettinga[6]、Francesca Ghisetti[7]、Richard Sibson[8]
*Yuta Kawamura[1], Satoshi Matsumoto[1], Tomomi Okada[2], Miu Matsuno[2], Yoshihisa Iio[3], Tadashi Sato[2], Stephen C Bannister[4], John Ristau[4], Martha K Savage[5], John Twonend[5], Jarg Pettinga[6], Francesca Ghisetti[7], Richard H Sibson[8]

1. 九州大学、2. 東北大学、3. 京都大学、4. ジー・エヌ・エスサイエンス、5. ヴィクトリア大学ウェリントン、6. カンタベリー大学、7. テラジオロジカ、8. オタゴ大学
1. Kyushu University, Shimabara, Japan, 2. Tohoku University, Sendai, Japan, 3. Kyoto University, Uji, Japan, 4. GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, 5. Victoria University of Wellington, Wellington, New Zealand, 6. University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 7. TerraGeologica, Ruby Bay, New Zealand, 8. University of Otago, Dunedin, New Zealand

The Mw7.8 Kaikoura Earthquake struck the northeastern south island, New Zealand, on November 14, 2016. A lot of researchers have tried to explain the cause of this earthquake and revealed the structure in this area. Among variety of prior researches, Clark et al. (2017) argued that this earthquake, which produced surface deformation including uplift and complex surface rupture, was caused by 21 strike-slip, reverse and oblique slip faults. Cesca et al., (2017) proposed an earthquake fault model that consists of three faults in northern, central and southern part, based on the hypocenter distribution of aftershock activity. These studies suggested in common that this earthquake was provoked by multiple faults with complex rupture process.

We had installed 75 temporary seismic stations before the earthquake in the South Island, New Zealand in addition to GEONET stations. The seismic network has successfully recorded the mainshock and the following aftershocks. Here, we relocated the hypocenters of the events associated with the Kaikoura earthquake by using data obtained from the seismic network. The hypocenters was determined by the double difference hypocenter determination algorithm (i.e. HYPODD, Waldhauser and Ellsworth, 2000). The overall distribution of the hypocenters are distinguished into two clusters, northern and southern clusters. The hypocenter distribution in vertical cross section normal to the major alignment of the aftershocks in N54W reveals that the fault in southern part dips to eastward. On the other hand, although we find out a northern cluster in terms of horizontal projection, no obvious faults are recognized in the vertical cross-section, suggesting complex fault structure in the northern cluster.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

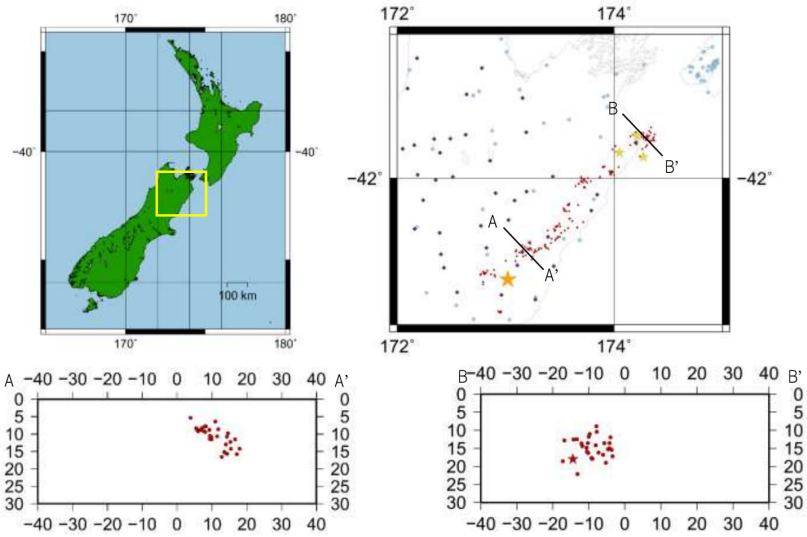


Fig. 1 Relocated hypocenter distribution in the South Island, New Zealand. Upper left) Index map of the target region. Yellow rectangle shows area displayed right map. Upper right) Map showing seismic stations and epicenters. Diamond and dot indicate location of station and event, respectively. Stars indicate epicenters for event with M > 6. Lower) Vertical cross sections along A-A' and B-B' in the upper right map. Other symbols are same as the upper right map.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

3-dimensional GPS velocities in Colombia and their implications for interplate coupling

*Sindy Carolina Lizarazo[1], Takeshi Sagiya[2], Hector Mora-Paez[3]

1. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 2. Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University, 3. Geological Survey of Colombia

Colombia is located in a region of complex interactions among the Caribbean, Nazca and South American plates, as well as the North Andean and Panama-Choco blocks. As a consequence of this tectonic setting, active faulting and intense seismicity are occurring especially in the areas of plate subduction or collision. The GeoRED project by the Geological Survey of Colombia installed a permanent GPS network in Colombia to study the regional kinematics with an intention to improve disaster mitigation activities. An initial velocity field was obtained and discussed by Mora et al. (2019) based on data from 60 sites under the ITRF2008 reference frame.

Here we present an updated result of Colombian GPS velocity field with 80 sites. The daily coordinates are calculated under the ITRF2014 reference frame with GAMIT-GLOBK software. We calculate 3-dimensional velocities with HECTOR software (Bos et al., 2013) based on the daily coordinates for the period from January 2014 to March 2016. There was no earthquake larger than magnitude 6 in Colombia, so the velocity pattern represents that of the interseismic period. For this time period, enhancement of the permanent network provides a better spatial resolution of the deformation pattern in some regions.

The results show a general consistency with the previous study, demonstrating the correctness of the current approach. In addition, vertical components show a slight of coastal uplifts at a few mm/year along the Nazca subduction zone. These signals indicate the lower limit of the plate coupling on the plate interface and we discuss the interplate coupling based on the 3-dimensional velocity data. Also, a significant margin-normal contraction is identified along a part of the Caribbean subduction zone near Colombia-Panama border. However, the vertical signal is not significant compared to the horizontal contraction, indicating that the elastic coupling model may not be applicable to this area.

Keywords: GPS velocities, Interplate coupling, Subduction, Deformation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_8

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

微生物は過去から現在に至るまで、地球環境に大きな影響を及ぼしている。微生物生態学は微生物と周辺環境との相互作用を探求する分野であり、土壌、地下圏、海洋、湖沼、大気、宇宙、火山、地震活動域、鉱物などの地球惑星環境は、主要な研究対象である。本セッションでは、地球惑星環境での微生物の存在形式、微生物の機能、物質循環への関与など微生物が関与する地球惑星環境での様々な現象や地球惑星環境が微生物生態系におよぼす影響について、微生物生態学と地球惑星科学の間で情報交換を行うとともに多面的に議論する場の提供を目的とする。

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

Density separation of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1]
*Kohei Masaoka[1], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Yuhji Yamamoto[1]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Kochi University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海底堆積物には自然残留磁化（NRM）として，過去の地球磁場の方位や強度の変動が記録されている．このNRMはマグネタイトなどの磁性鉱物によって担われており，その起源は風成塵などの無機粒子に由来するものだけでなく，磁性細菌による生物由来マグネタイトにもある．NRMの20-30%が磁性細菌起源のマグネタイトによって担われているとの報告もあり（e.g. Yamazaki, 2012），その量的な重要性が指摘されている．しかし，磁性細菌起源のマグネタイトが堆積物形成時に当時の地球磁場を反映した残留磁化を獲得する過程，および，その残留磁化の性質については未解明の部分が多い．政岡ほか（2018JpGU；2018SGEPSS）では，磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1（以下MS-1）の分譲を受けて大量培養し，密度分離したMS-1の細胞群を用いて，これらの細胞群が堆積物形成のごく初期においてNRMを獲得するプロセスの模擬実験を行い，試料を作製した．この実験に用いられているMS-1の細胞群は，細胞内にマグネタイトを形成している個体の割合（マグネタイト形成率）が3 %程度と少ないことが透過型電子顕微鏡（TEM）観察により確認されており，模擬実験に影響を与えている可能性がある．

そこで，本研究では，マグネタイト形成率の高いMS-1の細胞群を用いて模擬実験を行うことを目指し，細胞内にマグネタイトを形成しているMS-1の細胞群を選択的に分離する方法について検討した．磁気的な方法を用いた分離の場合，回収時に加えられる磁力によって細胞内のマグネタイトの配列が乱され模擬実験に影響を与える可能性があるため，政岡ほか（2018JpGU）で行われている密度分離の方法を改良した．マグネタイトは一般的に5.2という比重をもつため，マグネタイト形成率が高い細胞群はそうでない細胞群に比べて比重が大きいはずである．政岡ほか（2018JpGU）では1.4 g/cm^{3}の比重をもつ80 %ナイコデンツ溶液のみで分離したが，分離後のマグネタイト形成率は3 %程度であった．本研究ではより細かい比重の差に対応するため，異なる濃度のナイコデンツ溶液（0, 40, 45, 47.5, 50, 60 wt%，1.0～1.3 g/cm^3）を用いて形成した密度勾配を用いた．遠心分離の後に目視で確認できた4層を上から順にフラクション1（F1），2（F2），3（F3），4（F4）として回収した．F1～F3にはMS-1の細胞群が確認されたが，F4には何も確認されなかった．F1からF3のTEM観察の結果，マグネタイト形成率はF1で0.3 %，F2で7.2 %，F3で16.3 %であった．いずれのフラクションにおいても細胞内のマグネタイトの粒径は40-50 nm程度で，20-40個が鎖状に連なっている様子が確認された．TEM観察を行うとともに関連する磁気的実験も行ったので，本発表ではこれらについて報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1]

1. Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The structure of marine planktonic cyanobacterial communities in coastal habitats can strongly influence rates and fluxes of coastal carbon cycling. Biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacterial assemblages were elucidated from four coastal habitats namely, Baltic Sea (BL), Monterey Bay (MB), South China Sea (SCS) and Sundarbans (SB) based on deep phylogeny of 16S rRNA sequences generated using next generation sequencing and Sanger sequencing approaches. Based on 16S rRNA phylogeny, four major taxonomic orders of marine planktonic cyanobacteria were recovered in varying proportions with several novel 16S rRNA sequences in each of the four targeted habitats. Members of the order Synechococcales were dominant in all the habitats (−94% sequences) while the orders Chroococcales and Oscillatoriales were only detected in SB and SCS, respectively. In the phylogenetic tree, *Synechococcus*-like sequences showed overwhelming dominance in SB and they were found in three other habitats. *Prochlorococcus*-like sequences were found in sizeable number in MB and SCS but were absent in SB and coastal BL. *Synechococcus*-like sequences were represented by three major marine clusters (5.1, 5.2, and 5.3). Three novel clades as part of *Synechococcus* cluster were detected only in SB and one novel clade in BL. These clades could have potential functional significance in coastal carbon cycling. Interestingly, cultured based approaches also revealed a new species of *Synechococcus*, *Synechococcus moorigangaii* from SB which has the ability to grow across a range of salinity and metabolize different forms of nitrogen as well as fix di-nitrogen. This reflects the potential vast unexplored functional diversity of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats which needs to be identified and can help towards understanding of export of carbon in coastal oceans. Overall the study has revealed that majority of the marine planktonic cyanobacterial OTUs were found to be exclusive to each habitat, whereas some were shared by two or more habitats based on beta-diversity analysis.

Keywords: Coast, marine planktonic cyanobacteria, diversity, 16S rRNA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

The precise structure of “unsaturated” archaeol derivatives in the halophilic archaea lipid-core

*山内 敬明[1]
*Noriaki YAMAUCHI[1]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

アーキアは全て特徴的な脂質コアであるアーキオール（C_{20}イソプレノイドジエーテル）(**1**)を持っている。さらに好塩性アーキアはC_{25}イソプレノイドを一つ持つC_{25}-C_{20}ジエーテルを生産する[1]。幾つかの超好塩性アーキアでは，アーキオールとC_{25}-C_{20}ジエーテルおよびその不飽和体が生産され，高塩分培養条件下で不飽和化合物の割合が増加する[2]。昨年度本年会にてこのアーキオール誘導体の真の構造について，推定される４つの二重結合の位置異性体を化学的に合成し，Dawsonの提唱する構造の化合物**2**　ではないこと，イソプレノイドの末端側に二重結合を持った**3**または**4**であると推定した[3]。

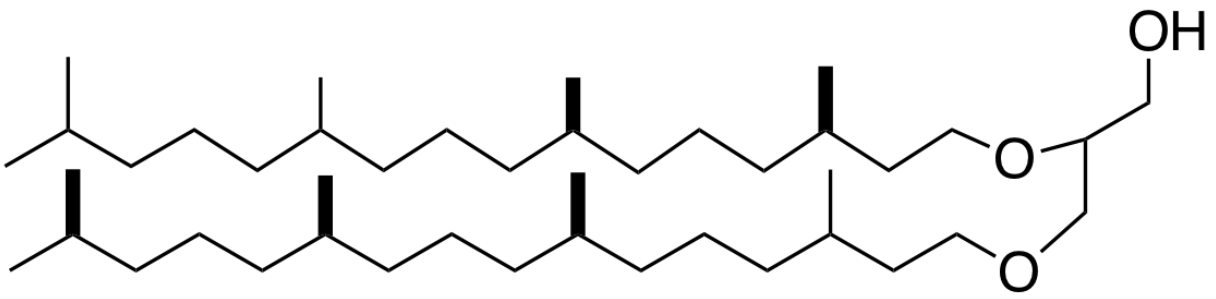
このアーキオール誘導体の真の構造について最終決定を目論み，この不飽和ジエーテルを生産するアーキア*Haloferax sulfrifonis*の培養と脂質抽出で得たコア脂質の分析を行い，そのトリメチルシリル（TMS）エーテル誘導体のマススペクトルを比較した。

微生物脂質コア分析試料からは，Dawsonの不飽和ジエーテルの分析で不飽和結合が一つとされると目される化合物は存在したが，それの質量分析の結果は合成化合物の**2**に類似した質量分析スペクトルを示し，さらに，もう少し飽和ジエーテルに近い保持時間を持つ位置に**4**に非常に近いマススペクトルを示す化合物が存在した。つまりDawsonの文献で示される二つの二重結合を持った不飽和化合物と目されるものが実は**2**であること，一方**4**も存在することもわかった。これは二重結合の位置異性体が異なるものが存在し，この不飽和結合の存在はヒドロキシアーキオール合成にも，またC_{40}テトラエーテル形成に関わるものも生合成している，ないしはこの二重結合は後成的に，あまり特異的でなく生成している可能性もある。C_{20}-C_{25}不飽和ジエーテルを作るとされるアーキアのコア脂質も分析し，その結果についても報告予定である。

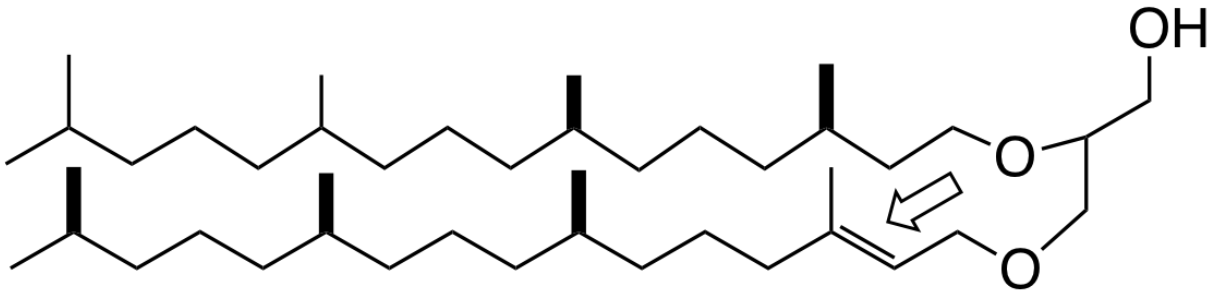
[1]De Rosa *et al., J. Gen. Microbiol.*, **128**, 343 (1982).
[2] Dawson *et al. Org. Geochem.*, **48**, 1 (2012).
[3] Yamauchi (2018) *JpGU meeting 2018* BBG03-P08.

キーワード：好塩性アーキア、アーキオール、エーテル脂質
Keywords: halophilic archaea, archaeologists, ether lipid

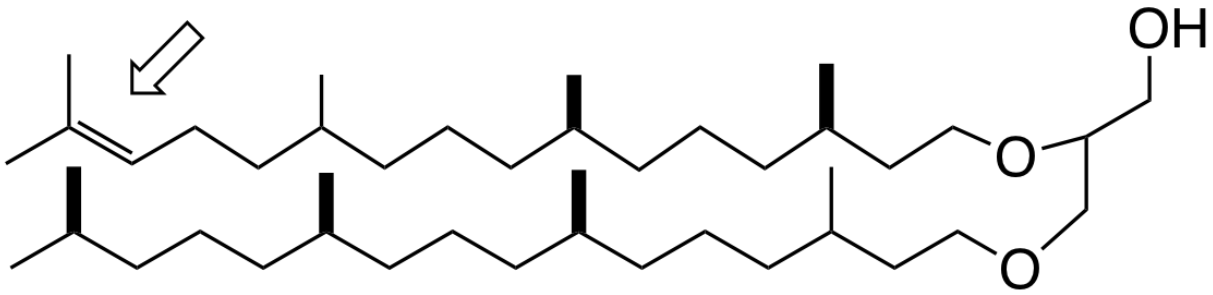
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



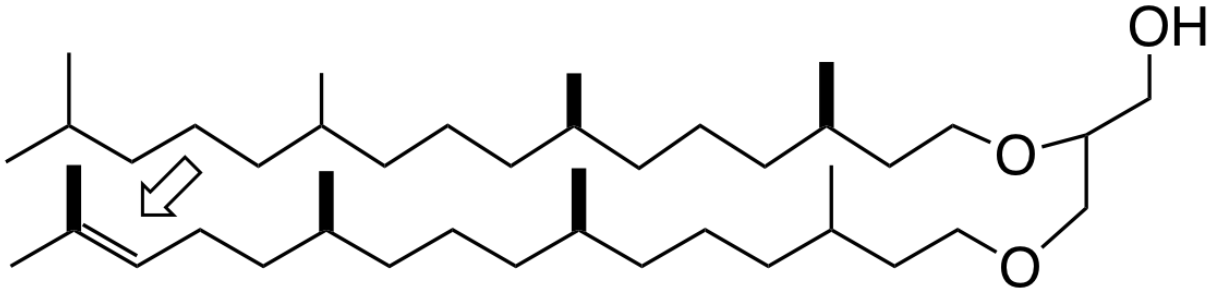
1



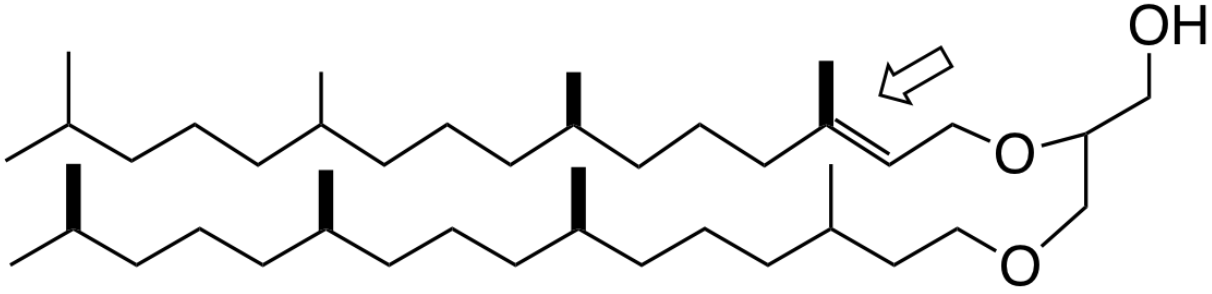
2



3



4



5

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定
Estimation of microbial chemosynthesis efficiency in deep sea hydrothermal plume

*砂村 倫成[1]
*Michinari Sunamura[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. University of Tokyo Dept. of Earth & Planetary Science

深海の熱水プルーム中では、硫黄酸化微生物に代表される、無機炭素から有機物を合成できる化学合成微生物が卓越し、表層光合成由来の有機物を超える有機物供給源とする試算もある。海底下からの熱水に含まれる化学成分の99%以上は深海海水中に放出され、熱水プルームを形成すること、また熱水と海水の混合により得られるエネルギーは25℃以下の低温域で最も効率がよいとされることから、熱水プルーム中での微生物生産量を見積もることは重要である。熱水プルーム中の微生物化学合成量の見積もりには、化学合成微生物の動態や機能を、熱水プルーム形成の物理化学過程とともに解析する必要がある。そこで、熱水プルームの形成過程と化学環境を解析し、それらと微生物の動態を組み合わせて微生物増殖過程における熱水エネルギー利用効率を推定した。熱水プルームの形成過程には、カルデラ等の地形、深層の海流の強さによるかき混ぜ効果、周辺海水の密度鉛直構造が関係する。微生物の組成は熱水の化学成分によって規定されるが、微生物の増加量もこれらの物理要因に影響をうけることが示唆された。

キーワード：微生物生態、群集構造、熱水プルーム、深海
Keywords: microbial ecology, community structure, hydrothermal plume, deep sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BG 地球生命科学・地圏生物圏相互作用

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_38

[B-BG02] 地球惑星科学と微生物生態学の接点

コンビーナ:砂村 倫成(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、諸野 祐樹(海洋研究開発機構高知コア研究所)、濱村 奈津子(九州大学)

微生物は過去から現在に至るまで、地球環境に大きな影響を及ぼしている。微生物生態学は微生物と周辺環境との相互作用を探求する分野であり、土壌、地下圏、海洋、湖沼、大気、宇宙、火山、地震活動域、鉱物などの地球惑星環境は、主要な研究対象である。本セッションでは、地球惑星環境での微生物の存在形式、微生物の機能、物質循環への関与など微生物が関与する地球惑星環境での様々な現象や地球惑星環境が微生物生態系におよぼす影響について、微生物生態学と地球惑星科学の間で情報交換を行うとともに多面的に議論する場の提供を目的とする。

[BBG02-P01] 残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1] (1.高知大学、2.海洋研究開発機構高知コア研究所)

[BBG02-P02] Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1] (1.Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBG02-P03] 好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

*山内 敬明[1] (1.九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門)

[BBG02-P04] 深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定

*砂村 倫成[1] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

残留磁化獲得実験に向けた磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1の密度分離

Density separation of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1

*政岡 浩平[1]、諸野 祐樹[2]、富岡 尚敬[2]、浦本 豪一郎[1]、山本 裕二[1]
*Kohei Masaoka[1], Yuki Morono[2], Naotaka Tomioka[2], Go-Ichiro Uramoto[1], Yuhji Yamamoto[1]

1. 高知大学、2. 海洋研究開発機構高知コア研究所
1. Kochi University, 2. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海底堆積物には自然残留磁化（NRM）として，過去の地球磁場の方位や強度の変動が記録されている．このNRMはマグネタイトなどの磁性鉱物によって担われており，その起源は風成塵などの無機粒子に由来するものだけでなく，磁性細菌による生物由来マグネタイトにもある．NRMの20-30%が磁性細菌起源のマグネタイトによって担われているとの報告もあり（e.g. Yamazaki, 2012），その量的な重要性が指摘されている．しかし，磁性細菌起源のマグネタイトが堆積物形成時に当時の地球磁場を反映した残留磁化を獲得する過程，および，その残留磁化の性質については未解明の部分が多い．政岡ほか（2018JpGU；2018SGEPSS）では，磁性細菌*Magnetospirillum magnetotacticum* MS-1（以下MS-1）の分譲を受けて大量培養し，密度分離したMS-1の細胞群を用いて，これらの細胞群が堆積物形成のごく初期においてNRMを獲得するプロセスの模擬実験を行い，試料を作製した．この実験に用いられているMS-1の細胞群は，細胞内にマグネタイトを形成している個体の割合（マグネタイト形成率）が3 %程度と少ないことが透過型電子顕微鏡（TEM）観察により確認されており，模擬実験に影響を与えている可能性がある．

そこで，本研究では，マグネタイト形成率の高いMS-1の細胞群を用いて模擬実験を行うことを目指し，細胞内にマグネタイトを形成しているMS-1の細胞群を選択的に分離する方法について検討した．磁気的な方法を用いた分離の場合，回収時に加えられる磁力によって細胞内のマグネタイトの配列が乱され模擬実験に影響を与える可能性があるため，政岡ほか（2018JpGU）で行われている密度分離の方法を改良した．マグネタイトは一般的に5.2という比重をもつため，マグネタイト形成率が高い細胞群はそうでない細胞群に比べて比重が大きいはずである．政岡ほか（2018JpGU）では1.4 g/cm^{3}の比重をもつ80 %ナイコデンツ溶液のみで分離したが，分離後のマグネタイト形成率は3 %程度であった．本研究ではより細かい比重の差に対応するため，異なる濃度のナイコデンツ溶液（0, 40, 45, 47.5, 50, 60 wt%，1.0～1.3 g/cm^3）を用いて形成した密度勾配を用いた．遠心分離の後に目視で確認できた4層を上から順にフラクション1（F1），2（F2），3（F3），4（F4）として回収した．F1～F3にはMS-1の細胞群が確認されたが，F4には何も確認されなかった．F1からF3のTEM観察の結果，マグネタイト形成率はF1で0.3 %，F2で7.2 %，F3で16.3 %であった．いずれのフラクションにおいても細胞内のマグネタイトの粒径は40-50 nm程度で，20-40個が鎖状に連なっている様子が確認された．TEM観察を行うとともに関連する磁気的実験も行ったので，本発表ではこれらについて報告する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Exploring biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats- integrating uncultured and cultured approaches

*Punyasloke Bhadury[1]

1. Integrative Taxonomy and Microbial Ecology Research Group, Centre for Climate and Environmental Studies, Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The structure of marine planktonic cyanobacterial communities in coastal habitats can strongly influence rates and fluxes of coastal carbon cycling. Biogeographic patterns of marine planktonic cyanobacterial assemblages were elucidated from four coastal habitats namely, Baltic Sea (BL), Monterey Bay (MB), South China Sea (SCS) and Sundarbans (SB) based on deep phylogeny of 16S rRNA sequences generated using next generation sequencing and Sanger sequencing approaches. Based on 16S rRNA phylogeny, four major taxonomic orders of marine planktonic cyanobacteria were recovered in varying proportions with several novel 16S rRNA sequences in each of the four targeted habitats. Members of the order Synechococcales were dominant in all the habitats (−94% sequences) while the orders Chroococcales and Oscillatoriales were only detected in SB and SCS, respectively. In the phylogenetic tree, *Synechococcus*-like sequences showed overwhelming dominance in SB and they were found in three other habitats. *Prochlorococcus*-like sequences were found in sizeable number in MB and SCS but were absent in SB and coastal BL. *Synechococcus*-like sequences were represented by three major marine clusters (5.1, 5.2, and 5.3). Three novel clades as part of *Synechococcus* cluster were detected only in SB and one novel clade in BL. These clades could have potential functional significance in coastal carbon cycling. Interestingly, cultured based approaches also revealed a new species of *Synechococcus*, *Synechococcus moorigangaii* from SB which has the ability to grow across a range of salinity and metabolize different forms of nitrogen as well as fix di-nitrogen. This reflects the potential vast unexplored functional diversity of marine planktonic cyanobacteria in coastal habitats which needs to be identified and can help towards understanding of export of carbon in coastal oceans. Overall the study has revealed that majority of the marine planktonic cyanobacterial OTUs were found to be exclusive to each habitat, whereas some were shared by two or more habitats based on beta-diversity analysis.

Keywords: Coast, marine planktonic cyanobacteria, diversity, 16S rRNA

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

好塩性アーキアが生産する脂質コア中の“不飽和”アーキオールの詳細構造

The precise structure of “unsaturated” archaeol derivatives in the halophilic archaea lipid-core

*山内 敬明[1]
*Noriaki YAMAUCHI[1]

1. 九州大学大学院理学研究院地球惑星科学部門
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Faculty of Sciences, Kyushu University

アーキアは全て特徴的な脂質コアであるアーキオール（C_{20}イソプレノイドジエーテル）(**1**)を持っている。さらに好塩性アーキアはC_{25}イソプレノイドを一つ持つC_{25}-C_{20}ジエーテルを生産する[1]。幾つかの超好塩性アーキアでは，アーキオールとC_{25}-C_{20}ジエーテルおよびその不飽和体が生産され，高塩分培養条件下で不飽和化合物の割合が増加する[2]。昨年度本年会にてこのアーキオール誘導体の真の構造について，推定される４つの二重結合の位置異性体を化学的に合成し，Dawsonの提唱する構造の化合物**2**　ではないこと，イソプレノイドの末端側に二重結合を持った**3**または**4**であると推定した[3]。

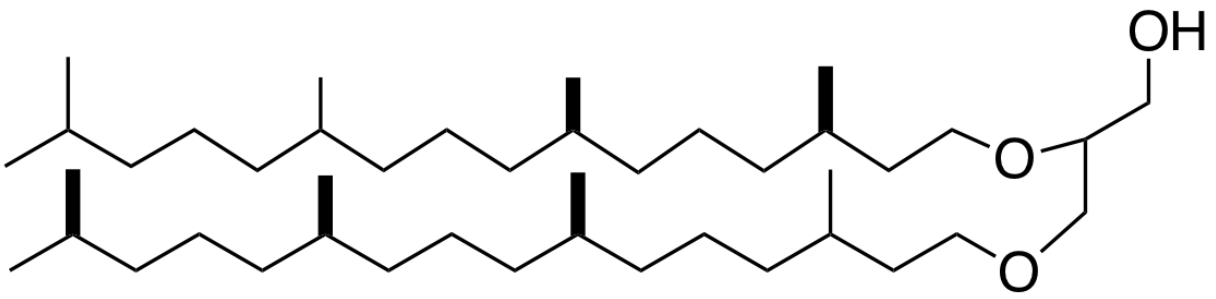
このアーキオール誘導体の真の構造について最終決定を目論み，この不飽和ジエーテルを生産するアーキア*Haloferax sulfrifonis*の培養と脂質抽出で得たコア脂質の分析を行い，そのトリメチルシリル（TMS）エーテル誘導体のマススペクトルを比較した。

微生物脂質コア分析試料からは，Dawsonの不飽和ジエーテルの分析で不飽和結合が一つとされると目される化合物は存在したが，それの質量分析の結果は合成化合物の**2**に類似した質量分析スペクトルを示し，さらに，もう少し飽和ジエーテルに近い保持時間を持つ位置に**4**に非常に近いマススペクトルを示す化合物が存在した。つまりDawsonの文献で示される二つの二重結合を持った不飽和化合物と目されるものが実は**2**であること，一方**4**も存在することもわかった。これは二重結合の位置異性体が異なるものが存在し，この不飽和結合の存在はヒドロキシアーキオール合成にも，またC_{40}テトラエーテル形成に関わるものも生合成している，ないしはこの二重結合は後成的に，あまり特異的でなく生成している可能性もある。C_{20}-C_{25}不飽和ジエーテルを作るとされるアーキアのコア脂質も分析し，その結果についても報告予定である。

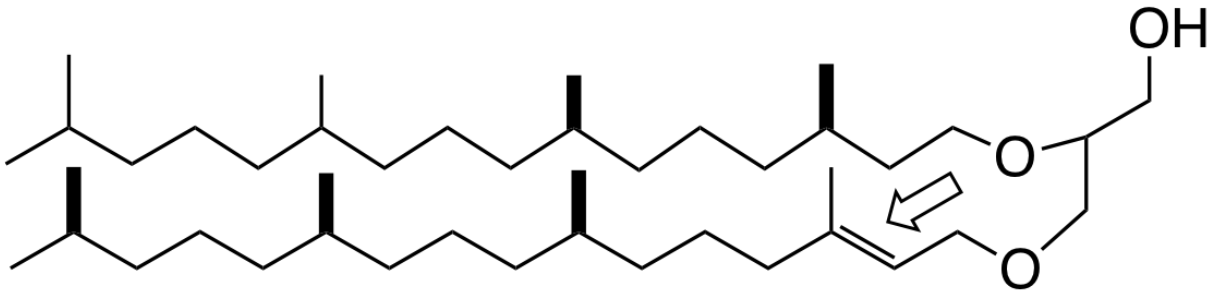
[1]De Rosa *et al., J. Gen. Microbiol.*, **128**, 343 (1982).
[2] Dawson *et al. Org. Geochem.*, **48**, 1 (2012).
[3] Yamauchi (2018) *JpGU meeting 2018* BBG03-P08.

キーワード：好塩性アーキア、アーキオール、エーテル脂質
Keywords: halophilic archaea, archaeologists, ether lipid

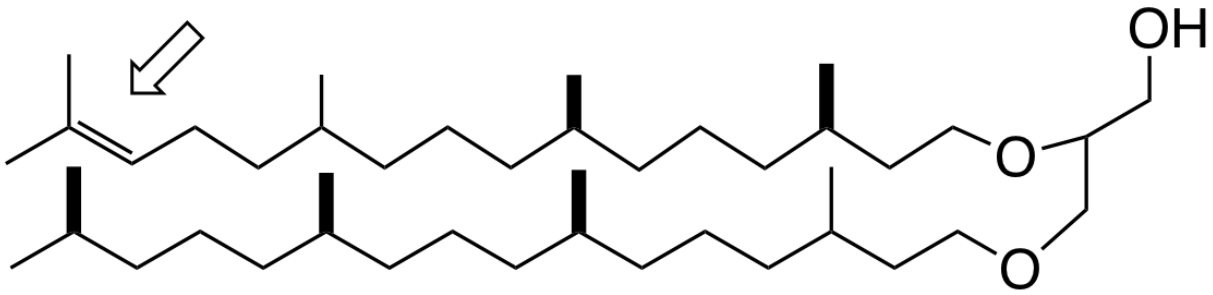
©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



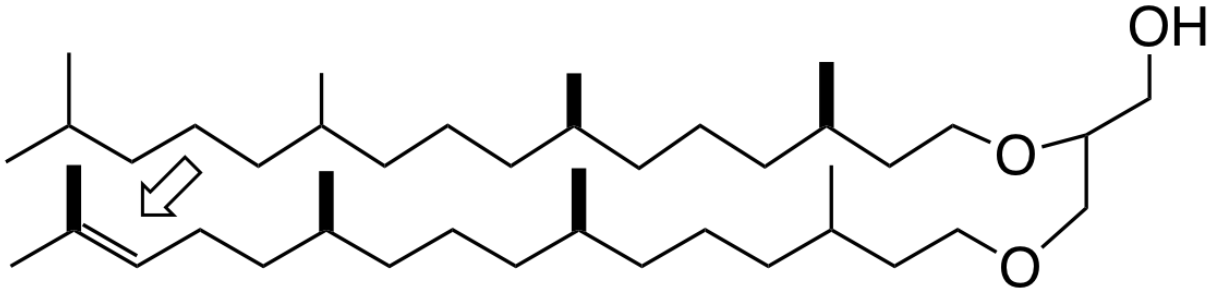
1



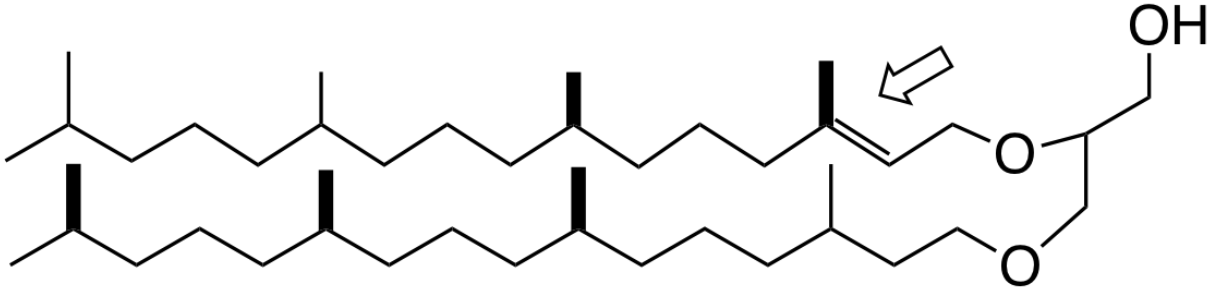
2



3



4



5

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

深海熱水プルーム中の微生物化学合成効率の推定
Estimation of microbial chemosynthesis efficiency in deep sea hydrothermal plume

*砂村 倫成[1]
*Michinari Sunamura[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. University of Tokyo Dept. of Earth & Planetary Science

深海の熱水プルーム中では、硫黄酸化微生物に代表される、無機炭素から有機物を合成できる化学合成微生物が卓越し、表層光合成由来の有機物を超える有機物供給源とする試算もある。海底下からの熱水に含まれる化学成分の99%以上は深海海水中に放出され、熱水プルームを形成すること、また熱水と海水の混合により得られるエネルギーは25℃以下の低温域で最も効率がよいとされることから、熱水プルーム中での微生物生産量を見積もることは重要である。熱水プルーム中の微生物化学合成量の見積もりには、化学合成微生物の動態や機能を、熱水プルーム形成の物理化学過程とともに解析する必要がある。そこで、熱水プルームの形成過程と化学環境を解析し、それらと微生物の動態を組み合わせて微生物増殖過程における熱水エネルギー利用効率を推定した。熱水プルームの形成過程には、カルデラ等の地形、深層の海流の強さによるかき混ぜ効果、周辺海水の密度鉛直構造が関係する。微生物の組成は熱水の化学成分によって規定されるが、微生物の増加量もこれらの物理要因に影響をうけることが示唆された。

キーワード：微生物生態、群集構造、熱水プルーム、深海
Keywords: microbial ecology, community structure, hydrothermal plume, deep sea

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 10:45 ~ 12:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] **The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a**

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

Geochemical studies for seawater/rock interaction recorded on the submarine lava flows of 12 Ma in the *Hokuroku* district in Akita, Japan and their implication to phosphorus cycle on the modern ocean floor

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1]
*Tsukasa Sai[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

The phosphorus cycle on the modern surface environments of the Earth's is unclear. Many researchers consider that submarine basaltic rocks scavenge phosphorus by seawater/rock interaction. However, this argument is not supported by global data. In addition, uncertainties exist as to if submarine felsic rocks scavenge phosphorus during seawater/rock interaction. Thus, the purpose of this study is set to examine phosphorus behavior during seawater/rock interaction of submarine basalt and rhyolite, which ages are ca. 12 Ma. The samples are collected in the *Hokuroku* district in Akita prefecture: *Furutobe(basalt)*, *Oshigenaisawa(rhyolite)*, and *Hanaokanashizaka(basalt)*. Differences are examined in minerals and chemical compositions between outer and inner parts of basaltic pillow lava. Mineralogy and chemistry of single rhyolitic lava are examined according with different alteration patterns.
XRF analyses on bulk rock samples suggest basalt and rhyolite lost Si, Na, Ca with progress of submarine alteration. Basalt added Mg and Fe, and rhyolite added Mg and K during the same alteration. These results are consistent with combination of minerals identified by XRD and EPMA. The mobilization of elements in basalts from Furutobe is differ from others because Furutobe basalt suffered additional submarine hydrothrmal alteration.
It was found that basalt lost P, while rhyolite added P. Apatite and microcrystals of P-bearing unknown minerals are observed in basalt. In rhyolite, it is observed euhedral and anhedral crystals of 10-100 μm such as apatite, monazite, and xenotime. Primary apatite is observed in rhyolite phenocrysts, such as quartz, plagioclase, magnetite, ilmenite, and zircon. Secondary phosphate minerals are observed in vein, chalcedony developed in plagioclase pseudomorph, and Fe-bearing minerals. These clearly indicate the addition of phosphorus in altered rhyolite during seawater/rock interaction, and most likely phosphorus was supplied from seawater.
Therefore, it is suggested that basalt can supply phosphorus in ocean water as submarine alteration advanced, and rhyolite is a sink of phosphorus in the ocean floor. This knowledge is different from an established hypothesis that oceanic igneous rocks are sink of phosphorus.

キーワード：リン、海底変質作用、流紋岩、玄武岩
Keywords: Phosphorus, Submarine alteration, Rhyolite, Basalt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出
Detection of methylphosphonate and phosphite contained in suspended particles in spring water

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2]
*Kazuma Tsuji[1], Masahiro Maruo[3], Hajime Obata[2]

1. 滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 滋賀県立大学環境科学部
1. Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

はじめに：リンの生物循環を構成する過程において、メチルホスホン酸と亜リン酸がそれぞれ中間生成物として存在することが知られている。海洋では水中のバクテリアが、細胞中でメチルホスホン酸、亜リン酸を合成している可能性が示された（Van Mooy et al.2015）。淡水域でも、強いリン制限下にある西湖(山梨県)の表水層においてシアノバクテリア*Synechococcus*がメチルホスホン酸を代謝している可能性が強く示唆された（岩田、2014）。しかし、天然水中に存在するメチルホスホン酸及び亜リン酸は極低濃度と考えられており、実際に天然水中からこれらの化合物を検出したという報告はない。本研究では，メチルホスホン酸及び亜リン酸の高感度定量法を開発し、琵琶湖水および湧水中からの検出を試みた。

方法：イオンクロマトグラフィーを用いて、リン制限下湖水中の極微量リン酸イオンを定量するための条件を改良し、メチルホスホン酸、亜リン酸の定量を可能にした（Maruo et al., 2016、辻ほか、印刷中）。米原市世継の湧水群「かなぼう」と琵琶湖K1地点(最大水深8m、深度：6m)で、それぞれ2018年11月4日と同年11月6日に試水を採取した。以下の方法により、懸濁物中に含まれるメチルホスホン酸及び亜リン酸の抽出を試みた。孔径0.2 μmのポリカーボネート製メンブランフィルター(Nuclepore: Whatman)で試水1.5 Lをろ過した。ガラス瓶にそのフィルターとMQW 25mLを入れ、蓋をしめてウォーターバス(60)中で1時間加熱した。この抽出液を孔径0.2 μmのディスク型メンブランフィルター(IC ACRODISC, Pall)でろ過した。このろ液を懸濁物(主として微生物)中のリン化合物定量に用いた。これとは別に試水を採取直後にカプセルフィルター(SUPOR Acropak 200 Capsule Filter, Pall: 孔径0.8/0.2 μm)でろ過したもの溶存態試料とした。

結果と考察：湧水地「かなぼう」の懸濁物抽出試料からメチルホスホン酸(4.8 nM)及び亜リン酸(3.6 nM)が検出された(水中の濃度に換算)。また、琵琶湖K1地点の懸濁物抽出試料からも亜リン酸(23 nM)が検出された。両地点の溶存態試料からメチルホスホン酸および亜リン酸は検出されなかった。両成分は極微量であり、水中には放出されていないか、直ちに利用されているものと考えられる。生物体内に含まれるメチルホスホン酸および亜リン酸は、他の水域でもイオンクロマトグラフィーを用いて定量できる可能性が高い。

参考文献

岩田智也（2014）湖沼表層に出現するメタン極大層の形成パターンと好気的生成機構の解明．科学研究費助成事業研究成果報告書　課題番号23681003.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

辻一真、丸尾雅啓、小畑元（2019）イオンクロマトグラフィーを用いる天然水中極微量メチルホスホン酸の定量．分析化学 68(4), 印刷中．

Maruo M, Ishimaru M, Azumi Y, Kawasumi Y, Nagafuchi O, Obata H (2016) Comparison of soluble reactive phosphorus and orthophosphate concentrations in river waters. Limnology 17(1):7-12.

Van Mooy BAS, Krupke A, Dyhrman ST, Fredricks HF, Frischkorn KR, Ossolinski JE, Repeta DJ, Rouco M, Seewald JD, Sylva SP (2015) Major role of planktonic phosphate reduction in the marine phosphorus redox cycle. Science 348(6236): 783-785.

キーワード：メチルホスホン酸、亜リン酸、イオンクロマトグラフィー
Keywords: Methylphosphonate, Phosphite, Ion chromatography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1], Yongsheng Xu[1], Ichio Asanuma[2]

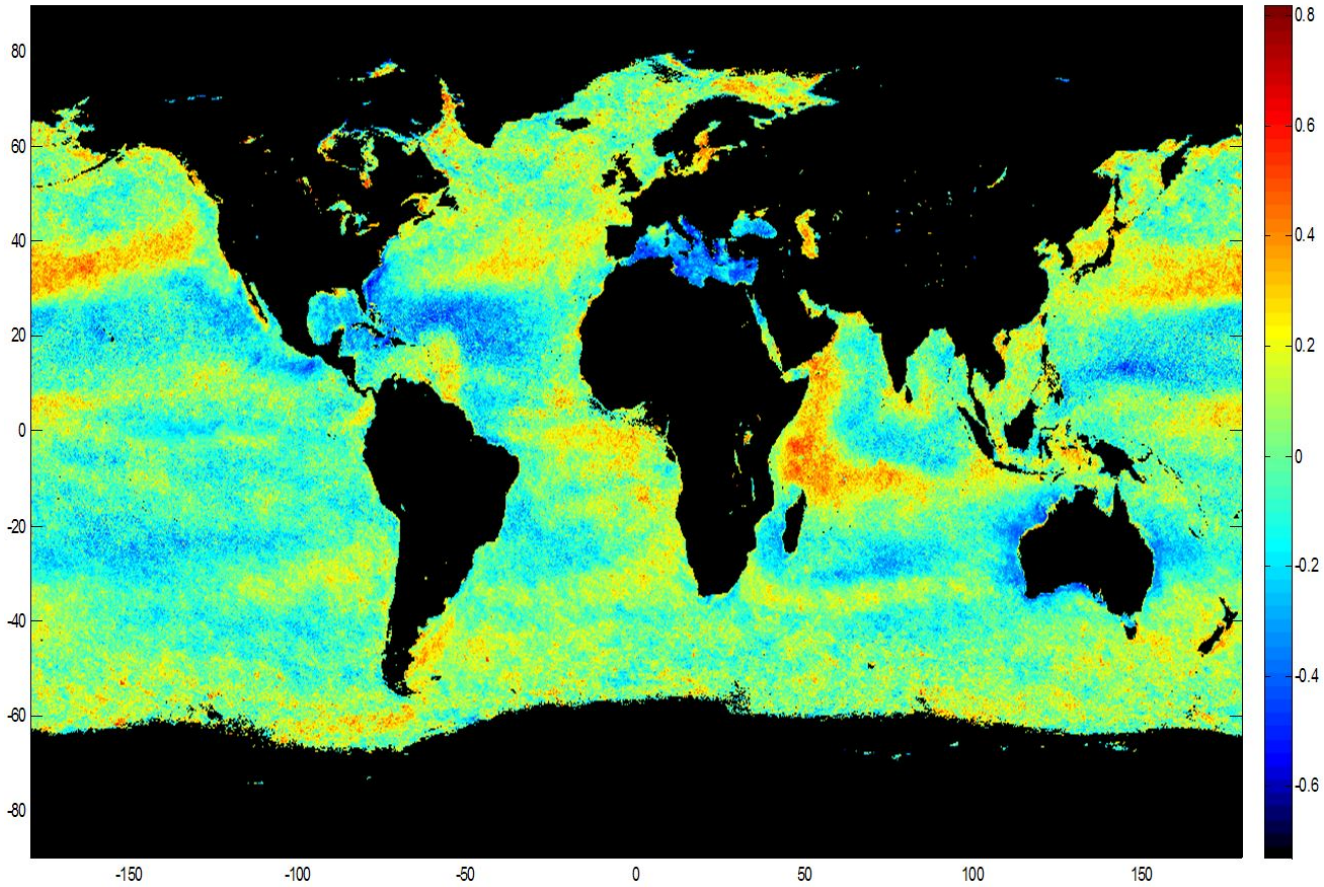
1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2. Tokyo University of Information Sciences

Chlorophyll-a concentration (Chl-a) has a close relationship with the nutrients and the atmospheric sedimentation is a good source for the nutrients of the sea. Moreover, the value of aerosol optical thickness (AOT) can stand for atmospheric sediment concentration. So, there should be a coupling relationship between AOT and Chl-a. The correlation analysis between AOT and Chl-a had been early assessed by previous works. For example, in South China Sea and Greenland Sea, the data analysis revealed that AOT had a big impact on the biogeochemistry of the South China Sea and there was a time-lag correlation between AOT and Chl-a in Greenland Sea.

Using 12 years' of AOT and Chl-a data from the NASA/MODIS and SeaWiFS sensors, we've studied the distributions and the coupling relationship between AOT and Chl-a all over the world. The correlation map shows some interesting areas on the earth. It is found that the highest positive correlation areas of the AOT and Chl-a time series are in the east coastal area of Africa, Baltic Sea, Caspian Sea and the band area in the Pacific between south Japan and San Francisco of USA; the highest negative correlation areas of the Chl-a and AOT time series are in The Mediterranean, west-south and east-south coastal areas of Australia.
Moreover, we analyze 10 years of measurements of SSH fields and concurrent satellite measurements of upper-ocean CHL to show that mesoscale eddies exert a strong influence on the CHL field.

Keywords: Chlorophyll-a concentration, Aerosol optical thickness, Sea surface height, Mesoscale eddy, Coupling relationship

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸
Glyoxylate from CO atmosphere via UV photochemistry

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2]
*Kenta Isoda[1], Xiaofeng Zang[1], Yuichiro Ueno[1,2]

1. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2. 東京工業大学 地球生命研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth Life-Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Glyoxylate could be an important compound, which can initiate a simple autocatalytic cycle and may possibly evolve to synthesize amino acids, nucleobase, pentose etc. (Eschenmoser, 2007a). However, constant supply of glyoxylate is an issue for the prebiotic environment. In this study, we aim to understand the possible condition to supply glyoxylate continuously to support such an autocatalytic cycle. First, we have performed experimental study and demonstrated that glyoxylic acid can be synthesized photochemically under carbon monoxide atmosphere. On the other hand, the UV irradiation into formaldehyde solution does not yield glyoxylic acid, except for the presence of CO in the gas phase. These results indicate that glyoxylate is not produced from formaldehyde in solution but from CO in the gas phase probably through the 3 steps: (i) HCO radical is produced from the reaction between CO and H from H_2O photolysis; (ii) The HCO radical dimerize in the gas phase, to form $(CHO)_2$(glyoxal); and (iii) The $(CHO)_2$ is oxidized into HCOCOOH (glyoxylate). An additional experiment demonstrated that UV irradiation into pure glyoxal solution can yield glyoxylate, and thus indicate that the step (iii) can proceed in the solution. Consequently, our experimental results suggests that glyoxylate can be continuously provided from atmosphere into hydrosphere if the atmosphere is rich in CO.

キーワード：大気、光化学
Keywords: atmosphere, photochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1], Prasanta Sanyal[1], Sambit Ghosh[1]

1. Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The Deccan flood basalt eruption spans across the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) Boundary and records the largest
and the longest lava flows in the world. While the volcanism has been linked to the infamous K/Pg extinction,
however, its implications on the regional carbon budget are still not well constrained. Carbon isotope records in marine carbonates ($\delta^{13}C_{carb}$) and bulk organic matter ($\delta^{13}C_{org}$), coupled with carbon and hydrogen isotope records
of *n*-alkane ($\delta^{13}C_{alk}$ and δD_{alk} respectively) have been measured along with *n*-alkanes characterization from two
inter-trappean and one infra-trappean sedimentary sequence exposed south of the city of Rajahmundry, SE India
in order to evaluate the climatic and environmental response exacerbated by the volcanism in the marine and terrestrial realm. Overall, our data demonstrate major perturbations in the terrestrial and marine carbon cycle induced by the Deccan volcanism, with considerable environmental stress predating the K/Pg Boundary. Strong covariance between $\delta^{13}C_{org}$ and $\delta^{13}C_{carb}$ (r=-0.71) suggest that the dissolved inorganic carbon (DIC) in the shallow
marine environment was largely controlled by organic matter (OM) flux. The occurrence of large unresolved complex mixtures (UCM/n-alkane>>4) and hopanes (m/z 191) and steranes (m/z 217) in the limestones OM suggest considerable input from petroleum into the biomass. The upper part of the infra-trappean and lower parts of inter-trappean show considerable decreases in the marine $\delta^{13}C_{carb}$ values and have been inferred to occur from hydrocarbon assimilation by heterotrophs and early diagenesis of OM. Steady temporal increase in $\delta^{13}C_{carb}$ values and total organic carbon (TOC) content throughout the sequence imply increases in primary productivity, with the upper inter-trappean limestone marking the recovery phase. The $\delta^{13}C_{alk}$ values, coupled with the chain-length distribution pattern of *n*-alkanes and spore-pollen records exhibit significant turnovers in the vegetation community structure. High δD_{alk} values (~-110‰) indicate arid conditions before the deposition of mega flow episodes in Rajahmundry. Depletion in δD_{alk} values (~-150‰) observed in the middle part of the inter-trappean signifies a change to a humid condition. The increased rainfall prompted an upsurge in weathering that led to increases in freshwater influx (depletion in $\delta^{18}O_{carb}$ values) and higher terrestrial OM input (increase in long-chain *n*-alkanes). Atmospheric CO_2 concentration reconstructed from two paleosol horizons in the infra- and inter-trappean units respectively indicate major drawdown in pCO_2 across the main flow episode in Rajahmundry. It is speculated that the volcanism induced changes in pCO_2 was one of the main drivers for exacerbating changes in the carbon cycle.

Keywords: Deccan volcanism, carbon reservoir, n-alkane, stable isotope, Rajahmundry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

Organic matter around Miocene Kuroko ore deposits: Implications to Archean submarine hydrothermal microbial community

*掛川 武[1]
*Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

Kuroko ore deposits were products of black smoker activities at 15 Ma paleo-Japan Sea. Kuroko is often covered by organic-rich sedimentary rocks, but details of these organic matter have not been unclear. Here I report analytical results of stable isotopes, Raman spectroscopy and bitumen compositions of organic matter around Miocene Kuroko deposits.

In general, all geochemical characteristics of organic matter were uniform in the same horizon of Kuroko deposits. On the other hand, H/C ratios and Raman spectroscopic data suggest that organic matter were extensively graphitized by thermal degradation only around Kuroko. More ^{12}C- and ^{14}N-enriched features are found in Kuroko-associated kerogen and bitumen. Such stable isotope data suggest the presence of chemoautotrophs, which utilized hydrothermal $CH_4$and NH_3. However, geochemical and geological characteristics of the examined samples suggest that hydrothermal $CH_4$and NH_3were produced by thermal degradation of sedimentary organic matter, which are mainly derived from photoautotrophs. This further suggests that chemoautotrophs at Kuroko were not independent and had strong connection to surface photoautotrophs.

Organic matter enriched in ^{12}C and ^{14}N are ubiquitous around many middle-Archean Kuroko ore deposits. Such stable isotope compositions also imply the presence of submarine hydrothermal microbial communities. However, ^{12}C- and ^{14}N-depleted organic matter, which most likely represent photoautotrophs, are also common around Archean Kuroko deposits. Such contrast stable isotope characteristics suggest that deep submarine chemoautotrophs already had linkages to surface photoautotrophs since Archean age.

キーワード：黒鉱、化学合成、安定同位体
Keywords: Kuroko, Chemoautotroph, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度
Formation and solubility of hydrous carbonates formed in alkaline lakes under freezing condition

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1]
*TAKUMA KITAJIMA[1], Haruna Matsumiya[1], Keisuke Fukushi[1]

1. 金沢大学
1. kanazawa university

アルカリ塩湖は、湖水中の炭酸成分を炭酸塩鉱物の形成によって固定する。湖水に含まれる炭酸成分は大気CO_2由来であるため、地球表層における炭素循環においてアルカリ塩湖が重要な役割をはたしていることが注目されている(Finley et al 2015; Fukushi and Matsumiya 2018)。

自然界で一般的に認められる炭酸塩鉱物はカルシウム塩のカルサイトやアラゴナイトである。一方、塩湖環境では直接溶液から生成する炭酸塩鉱物の多くがモノハイドロカルサイト(MHC)であることが報告されている(Fukushi et al.2012)。MHCは化学式$CaCO_3 \cdot H_2O$で表される準安定な炭酸塩鉱物の一種である(Munemoto and Fukushi, 2008)。MHCの生成には非晶質マグネシウム炭酸塩(AMC)の共存が必要であることが分かっている(Nishiyama et al., 2013; Fukushi et al., 2017)。

Fukushi and Matsumiya, (2018)では、塩湖環境を模した溶液中におけるモノハイドロカルサイト(MHC)と非晶質Mg炭酸塩(AMC)の溶解度を25℃・大気CO_2分圧下で実験的に求め、自然界のアルカリ塩湖の水質がMHCとAMCの生成過程に支配されていることを明らかにした。しかし、大陸内部の乾燥寒冷地域に存在するアルカリ塩湖は冬季に結氷し、高緯度地域では一年間の半分以上が結氷している。

多くのイオンは氷結により液相に排除されるため、結氷に伴い液相にはイオン濃度の増加が生じることが予想される。したがって、湖の結氷によって鉱物生成が引き起こされる可能性は否定できない。また、結氷により大気と水溶液の隔離が生じると考えられる。すると、大気CO_2分圧と平衡であった湖水は著しい低CO_2分圧環境に変化することが推測される。さらに、氷が生成されるほどの低温環境は生成する鉱物種に影響を与える可能性があることに加え、その物質の溶解度、反応速度など物理化学的性質に対して大きな影響を及ぼす。したがって、25℃・大気CO_2分圧下だけでは実際の塩湖環境を議論するには不十分であると考えた。そこで、本研究では二つの目的を定めた。一つは、塩湖環境を模した水溶液を用いて、溶液周囲の環境温度の変化(5~50℃)と著しく低いCO_2分圧環境で沈澱生成する炭酸塩鉱物種を明らかにすること。二つ目は、生成した炭酸塩鉱物種によって支配される水質を推測するため、生成炭酸塩の溶解度を見積もることである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2]
*Tadashi Yokoyama[1], Naoki Nishiyama[2]

1. 広島大学大学院総合科学研究科、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

When water infiltrates rock pores, dissolution occurs at the contact site of water and mineral. In many cases rock pores near the ground surface are not fully saturated with water and a portion of pores is filled with air. In order to study how the presence of air in pores affects the reactivity of each rock-forming mineral, the amounts of elements leached out from the rock were compared for water-saturated condition and unsaturated condition by using a core of Berea sandstone. The sandstone consists mainly of quartz with several percentages of feldspar, carbonates, and clays. In the case of the saturated condition, initially pores were saturated with water by vacuum treatment, then water was passed through the core at a constant water head difference. In the case of the unsaturated condition, water was passed through a dry core. After the onset of the experiment under the unsaturated condition, water saturation (the fraction at which pore volume is saturated with water) became ~60% almost immediately (air 40%), and gradually increased and reached ~100% after 9 days passed. Dissolution rates of Si and Ca (amount of dissolution per unit time per whole rock) were determined by measuring the concentrations of dissolved Ca and Si in leachates. The difference in dissolution rate between unsaturated condition and saturated condition was generally greater in the case of Ca than that of Si. This appears to be due to the difference of wettability of silicates and carbonate. Probably silicates were more easily wet and many silicate surfaces dissolved even under the presence of air, while dissolution of carbonate was diminished due to the absence of water contact or the insufficient flushing of Ca in the wetting film of the carbonate surface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-BC 生物地球化学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_39

[B-BC03] 生命-水-鉱物-大気相互作用

コンビーナ:掛川 武(東北大学大学院理学研究科地学専攻)、横山 正(広島大学大学院総合科学研究科)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、白石 史人(広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻)

地球における生命の活動は、地球史を通じた様々な物理・化学的なダイナミクスおよびプロセスと密接に関わっており、その本質は「生命活動」、「水」、「鉱物（固体地球）」、「大気」の各因子間、あるいは多元的に生じる相互作用にあるとみなすことができる。このような複雑な「生命-水-鉱物-大気相互作用」を既存の単一の科学領域で解き明かすことは不可能であり、多様な研究分野、研究者、或いは研究アイデア・手法の連携、さらには融合が不可欠である。本セッションはその道標となる場を提供する。

[BBC03-P01] 秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P02] 湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2] (1.滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2.東京大学大気海洋研究所、3.滋賀県立大学環境科学部)

[BBC03-P03] **The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a**

*xiangguang zhang[1]、Yongsheng Xu[1]、Ichio Asanuma[2] (1.Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences、2.Tokyo University of Information Sciences)

[BBC03-P04] CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2] (1.東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2.東京工業大学 地球生命研究所)

[BBC03-P05] Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1]、Prasanta Sanyal[1]、Sambit Ghosh[1] (1.Indian Institute of Science Education and Research Kolkata)

[BBC03-P06] 黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

*掛川 武[1] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻)

[BBC03-P07] アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1] (1.金沢大学)

[BBC03-P08] Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2] (1.広島大学大学院総合科学研究科、2.筑波大学生命環境科学研究科)

秋田県北鹿地域に産する12Maの海底噴出溶岩流に記録された海底変質作用とリンの挙動に関する地球化学的研究

Geochemical studies for seawater/rock interaction recorded on the submarine lava flows of 12 Ma in the *Hokuroku* district in Akita, Japan and their implication to phosphorus cycle on the modern ocean floor

*齋 つかさ[1]、掛川 武[1]
*Tsukasa Sai[1], Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

The phosphorus cycle on the modern surface environments of the Earth's is unclear. Many researchers consider that submarine basaltic rocks scavenge phosphorus by seawater/rock interaction. However, this argument is not supported by global data. In addition, uncertainties exist as to if submarine felsic rocks scavenge phosphorus during seawater/rock interaction. Thus, the purpose of this study is set to examine phosphorus behavior during seawater/rock interaction of submarine basalt and rhyolite, which ages are ca. 12 Ma. The samples are collected in the *Hokuroku* district in Akita prefecture: *Furutobe(basalt)*, *Oshigenaisawa(rhyolite)*, and *Hanaokanashizaka(basalt)*. Differences are examined in minerals and chemical compositions between outer and inner parts of basaltic pillow lava. Mineralogy and chemistry of single rhyolitic lava are examined according with different alteration patterns.
XRF analyses on bulk rock samples suggest basalt and rhyolite lost Si, Na, Ca with progress of submarine alteration. Basalt added Mg and Fe, and rhyolite added Mg and K during the same alteration. These results are consistent with combination of minerals identified by XRD and EPMA. The mobilization of elements in basalts from Furutobe is differ from others because Furutobe basalt suffered additional submarine hydrothrmal alteration.
It was found that basalt lost P, while rhyolite added P. Apatite and microcrystals of P-bearing unknown minerals are observed in basalt. In rhyolite, it is observed euhedral and anhedral crystals of 10-100 μm such as apatite, monazite, and xenotime. Primary apatite is observed in rhyolite phenocrysts, such as quartz, plagioclase, magnetite, ilmenite, and zircon. Secondary phosphate minerals are observed in vein, chalcedony developed in plagioclase pseudomorph, and Fe-bearing minerals. These clearly indicate the addition of phosphorus in altered rhyolite during seawater/rock interaction, and most likely phosphorus was supplied from seawater.
Therefore, it is suggested that basalt can supply phosphorus in ocean water as submarine alteration advanced, and rhyolite is a sink of phosphorus in the ocean floor. This knowledge is different from an established hypothesis that oceanic igneous rocks are sink of phosphorus.

キーワード：リン、海底変質作用、流紋岩、玄武岩
Keywords: Phosphorus, Submarine alteration, Rhyolite, Basalt

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

湧水中懸濁物に存在するメチルホスホン酸と亜リン酸の検出
Detection of methylphosphonate and phosphite contained in suspended particles in spring water

*辻 一真[1]、丸尾 雅啓[3]、小畑 元[2]
*Kazuma Tsuji[1], Masahiro Maruo[3], Hajime Obata[2]

1. 滋賀県立大学大学院環境科学研究科、2. 東京大学大気海洋研究所、3. 滋賀県立大学環境科学部
1. Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2. Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 3. School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture

はじめに：リンの生物循環を構成する過程において、メチルホスホン酸と亜リン酸がそれぞれ中間生成物として存在することが知られている。海洋では水中のバクテリアが、細胞中でメチルホスホン酸、亜リン酸を合成している可能性が示された（Van Mooy et al.2015）。淡水域でも、強いリン制限下にある西湖(山梨県)の表水層においてシアノバクテリア*Synechococcus*がメチルホスホン酸を代謝している可能性が強く示唆された（岩田、2014）。しかし、天然水中に存在するメチルホスホン酸及び亜リン酸は極低濃度と考えられており、実際に天然水中からこれらの化合物を検出したという報告はない。本研究では，メチルホスホン酸及び亜リン酸の高感度定量法を開発し、琵琶湖水および湧水中からの検出を試みた。

方法：イオンクロマトグラフィーを用いて、リン制限下湖水中の極微量リン酸イオンを定量するための条件を改良し、メチルホスホン酸、亜リン酸の定量を可能にした（Maruo et al., 2016、辻ほか、印刷中）。米原市世継の湧水群「かなぼう」と琵琶湖K1地点(最大水深8m、深度：6m)で、それぞれ2018年11月4日と同年11月6日に試水を採取した。以下の方法により、懸濁物中に含まれるメチルホスホン酸及び亜リン酸の抽出を試みた。孔径0.2 μmのポリカーボネート製メンブランフィルター(Nuclepore: Whatman)で試水1.5 Lをろ過した。ガラス瓶にそのフィルターとMQW 25mLを入れ、蓋をしめてウォーターバス(60)中で1時間加熱した。この抽出液を孔径0.2 μmのディスク型メンブランフィルター(IC ACRODISC, Pall)でろ過した。このろ液を懸濁物(主として微生物)中のリン化合物定量に用いた。これとは別に試水を採取直後にカプセルフィルター(SUPOR Acropak 200 Capsule Filter, Pall: 孔径0.8/0.2 μm)でろ過したもの溶存態試料とした。

結果と考察：湧水地「かなぼう」の懸濁物抽出試料からメチルホスホン酸(4.8 nM)及び亜リン酸(3.6 nM)が検出された(水中の濃度に換算)。また、琵琶湖K1地点の懸濁物抽出試料からも亜リン酸(23 nM)が検出された。両地点の溶存態試料からメチルホスホン酸および亜リン酸は検出されなかった。両成分は極微量であり、水中には放出されていないか、直ちに利用されているものと考えられる。生物体内に含まれるメチルホスホン酸および亜リン酸は、他の水域でもイオンクロマトグラフィーを用いて定量できる可能性が高い。

参考文献

岩田智也（2014）湖沼表層に出現するメタン極大層の形成パターンと好気的生成機構の解明．科学研究費助成事業研究成果報告書　課題番号23681003.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

辻一真、丸尾雅啓、小畑元（2019）イオンクロマトグラフィーを用いる天然水中極微量メチルホスホン酸の定量．分析化学 68(4), 印刷中．

Maruo M, Ishimaru M, Azumi Y, Kawasumi Y, Nagafuchi O, Obata H (2016) Comparison of soluble reactive phosphorus and orthophosphate concentrations in river waters. Limnology 17(1):7-12.

Van Mooy BAS, Krupke A, Dyhrman ST, Fredricks HF, Frischkorn KR, Ossolinski JE, Repeta DJ, Rouco M, Seewald JD, Sylva SP (2015) Major role of planktonic phosphate reduction in the marine phosphorus redox cycle. Science 348(6236): 783-785.

キーワード：メチルホスホン酸、亜リン酸、イオンクロマトグラフィー
Keywords: Methylphosphonate, Phosphite, Ion chromatography

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The Influence of Aerosol Optical Thickness and Mesoscale Eddies on Chlorophyll-a

*xiangguang zhang[1], Yongsheng Xu[1], Ichio Asanuma[2]

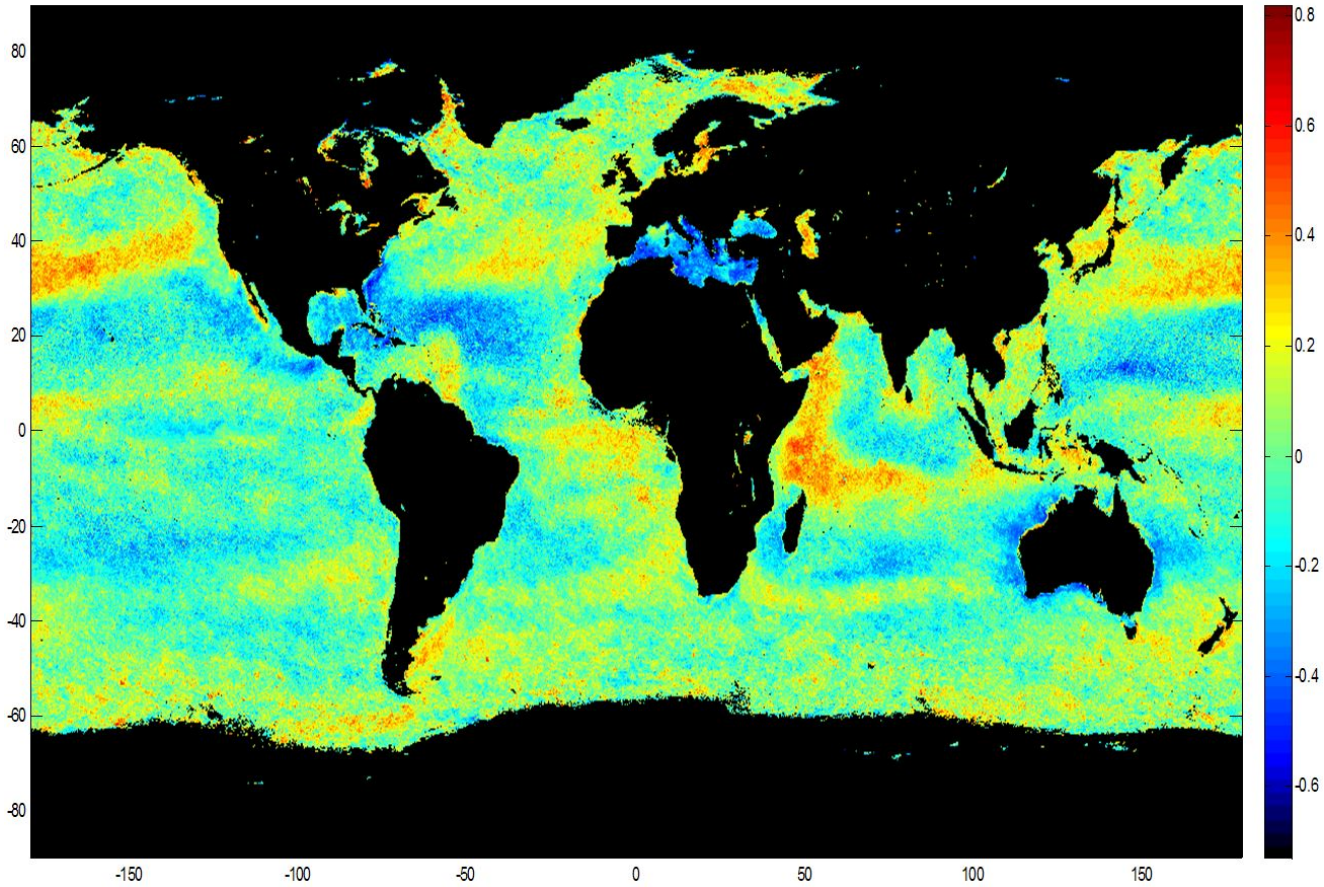
1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2. Tokyo University of Information Sciences

Chlorophyll-a concentration (Chl-a) has a close relationship with the nutrients and the atmospheric sedimentation is a good source for the nutrients of the sea. Moreover, the value of aerosol optical thickness (AOT) can stand for atmospheric sediment concentration. So, there should be a coupling relationship between AOT and Chl-a. The correlation analysis between AOT and Chl-a had been early assessed by previous works. For example, in South China Sea and Greenland Sea, the data analysis revealed that AOT had a big impact on the biogeochemistry of the South China Sea and there was a time-lag correlation between AOT and Chl-a in Greenland Sea.

Using 12 years' of AOT and Chl-a data from the NASA/MODIS and SeaWiFS sensors, we've studied the distributions and the coupling relationship between AOT and Chl-a all over the world. The correlation map shows some interesting areas on the earth. It is found that the highest positive correlation areas of the AOT and Chl-a time series are in the east coastal area of Africa, Baltic Sea, Caspian Sea and the band area in the Pacific between south Japan and San Francisco of USA; the highest negative correlation areas of the Chl-a and AOT time series are in The Mediterranean, west-south and east-south coastal areas of Australia.
Moreover, we analyze 10 years of measurements of SSH fields and concurrent satellite measurements of upper-ocean CHL to show that mesoscale eddies exert a strong influence on the CHL field.

Keywords: Chlorophyll-a concentration, Aerosol optical thickness, Sea surface height, Mesoscale eddy, Coupling relationship

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO 大気の光化学で生じるグリオキシル酸
Glyoxylate from CO atmosphere via UV photochemistry

*磯田 健太[1]、蔵 暁鳳[1]、上野 雄一郎[1,2]
*Kenta Isoda[1], Xiaofeng Zang[1], Yuichiro Ueno[1,2]

1. 東京工業大学 理学院 地球惑星科学系、2. 東京工業大学 地球生命研究所
1. Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology, 2. Earth Life-Science Institute, Tokyo Institute of Technology

Glyoxylate could be an important compound, which can initiate a simple autocatalytic cycle and may possibly evolve to synthesize amino acids, nucleobase, pentose etc. (Eschenmoser, 2007a). However, constant supply of glyoxylate is an issue for the prebiotic environment. In this study, we aim to understand the possible condition to supply glyoxylate continuously to support such an autocatalytic cycle. First, we have performed experimental study and demonstrated that glyoxylic acid can be synthesized photochemically under carbon monoxide atmosphere. On the other hand, the UV irradiation into formaldehyde solution does not yield glyoxylic acid, except for the presence of CO in the gas phase. These results indicate that glyoxylate is not produced from formaldehyde in solution but from CO in the gas phase probably through the 3 steps: (i) HCO radical is produced from the reaction between CO and H from H_2O photolysis; (ii) The HCO radical dimerize in the gas phase, to form $(CHO)_2$(glyoxal); and (iii) The $(CHO)_2$ is oxidized into HCOCOOH (glyoxylate). An additional experiment demonstrated that UV irradiation into pure glyoxal solution can yield glyoxylate, and thus indicate that the step (iii) can proceed in the solution. Consequently, our experimental results suggests that glyoxylate can be continuously provided from atmosphere into hydrosphere if the atmosphere is rich in CO.

キーワード：大気、光化学
Keywords: atmosphere, photochemistry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Carbon reservoir perturbations in the Indian subcontinent induced by the Deccan volcanism in marine and terrestrial realm

*Sohom Roy[1], Prasanta Sanyal[1], Sambit Ghosh[1]

1. Indian Institute of Science Education and Research Kolkata

The Deccan flood basalt eruption spans across the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) Boundary and records the largest
and the longest lava flows in the world. While the volcanism has been linked to the infamous K/Pg extinction,
however, its implications on the regional carbon budget are still not well constrained. Carbon isotope records in marine carbonates ($\delta^{13}C_{carb}$) and bulk organic matter ($\delta^{13}C_{org}$), coupled with carbon and hydrogen isotope records
of *n*-alkane ($\delta^{13}C_{alk}$ and δD_{alk} respectively) have been measured along with *n*-alkanes characterization from two
inter-trappean and one infra-trappean sedimentary sequence exposed south of the city of Rajahmundry, SE India
in order to evaluate the climatic and environmental response exacerbated by the volcanism in the marine and terrestrial realm. Overall, our data demonstrate major perturbations in the terrestrial and marine carbon cycle induced by the Deccan volcanism, with considerable environmental stress predating the K/Pg Boundary. Strong covariance between $\delta^{13}C_{org}$ and $\delta^{13}C_{carb}$ (r=-0.71) suggest that the dissolved inorganic carbon (DIC) in the shallow
marine environment was largely controlled by organic matter (OM) flux. The occurrence of large unresolved complex mixtures (UCM/n-alkane>>4) and hopanes (m/z 191) and steranes (m/z 217) in the limestones OM suggest considerable input from petroleum into the biomass. The upper part of the infra-trappean and lower parts of inter-trappean show considerable decreases in the marine $\delta^{13}C_{carb}$ values and have been inferred to occur from hydrocarbon assimilation by heterotrophs and early diagenesis of OM. Steady temporal increase in $\delta^{13}C_{carb}$ values and total organic carbon (TOC) content throughout the sequence imply increases in primary productivity, with the upper inter-trappean limestone marking the recovery phase. The $\delta^{13}C_{alk}$ values, coupled with the chain-length distribution pattern of *n*-alkanes and spore-pollen records exhibit significant turnovers in the vegetation community structure. High δD_{alk} values (~-110‰) indicate arid conditions before the deposition of mega flow episodes in Rajahmundry. Depletion in δD_{alk} values (~-150‰) observed in the middle part of the inter-trappean signifies a change to a humid condition. The increased rainfall prompted an upsurge in weathering that led to increases in freshwater influx (depletion in $\delta^{18}O_{carb}$ values) and higher terrestrial OM input (increase in long-chain *n*-alkanes). Atmospheric CO_2 concentration reconstructed from two paleosol horizons in the infra- and inter-trappean units respectively indicate major drawdown in pCO_2 across the main flow episode in Rajahmundry. It is speculated that the volcanism induced changes in pCO_2 was one of the main drivers for exacerbating changes in the carbon cycle.

Keywords: Deccan volcanism, carbon reservoir, n-alkane, stable isotope, Rajahmundry

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

黒鉱鉱床に伴う有機物：太古代熱水環境に生息していた微生物群との繋がり

Organic matter around Miocene Kuroko ore deposits: Implications to Archean submarine hydrothermal microbial community

*掛川 武[1]
*Takeshi Kakegawa[1]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻
1. Graduate School of Science, Tohoku University

Kuroko ore deposits were products of black smoker activities at 15 Ma paleo-Japan Sea. Kuroko is often covered by organic-rich sedimentary rocks, but details of these organic matter have not been unclear. Here I report analytical results of stable isotopes, Raman spectroscopy and bitumen compositions of organic matter around Miocene Kuroko deposits.

In general, all geochemical characteristics of organic matter were uniform in the same horizon of Kuroko deposits. On the other hand, H/C ratios and Raman spectroscopic data suggest that organic matter were extensively graphitized by thermal degradation only around Kuroko. More ^{12}C- and ^{14}N-enriched features are found in Kuroko-associated kerogen and bitumen. Such stable isotope data suggest the presence of chemoautotrophs, which utilized hydrothermal $CH_4$and NH_3. However, geochemical and geological characteristics of the examined samples suggest that hydrothermal $CH_4$and NH_3were produced by thermal degradation of sedimentary organic matter, which are mainly derived from photoautotrophs. This further suggests that chemoautotrophs at Kuroko were not independent and had strong connection to surface photoautotrophs.

Organic matter enriched in ^{12}C and ^{14}N are ubiquitous around many middle-Archean Kuroko ore deposits. Such stable isotope compositions also imply the presence of submarine hydrothermal microbial communities. However, ^{12}C- and ^{14}N-depleted organic matter, which most likely represent photoautotrophs, are also common around Archean Kuroko deposits. Such contrast stable isotope characteristics suggest that deep submarine chemoautotrophs already had linkages to surface photoautotrophs since Archean age.

キーワード：黒鉱、化学合成、安定同位体
Keywords: Kuroko, Chemoautotroph, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルカリ塩湖に生成する含水炭酸塩鉱物の結氷条件における生成と溶解度
Formation and solubility of hydrous carbonates formed in alkaline lakes under freezing condition

*北島 卓磨[1]、松宮 春奈[1]、福士 圭介[1]
*TAKUMA KITAJIMA[1], Haruna Matsumiya[1], Keisuke Fukushi[1]

1. 金沢大学
1. kanazawa university

アルカリ塩湖は、湖水中の炭酸成分を炭酸塩鉱物の形成によって固定する。湖水に含まれる炭酸成分は大気CO_2由来であるため、地球表層における炭素循環においてアルカリ塩湖が重要な役割をはたしていることが注目されている(Finley et al 2015; Fukushi and Matsumiya 2018)。

自然界で一般的に認められる炭酸塩鉱物はカルシウム塩のカルサイトやアラゴナイトである。一方、塩湖環境では直接溶液から生成する炭酸塩鉱物の多くがモノハイドロカルサイト(MHC)であることが報告されている(Fukushi et al.2012)。MHCは化学式$CaCO_3 \cdot H_2O$で表される準安定な炭酸塩鉱物の一種である(Munemoto and Fukushi, 2008)。MHCの生成には非晶質マグネシウム炭酸塩(AMC)の共存が必要であることが分かっている(Nishiyama et al., 2013; Fukushi et al., 2017)。

Fukushi and Matsumiya, (2018)では、塩湖環境を模した溶液中におけるモノハイドロカルサイト(MHC)と非晶質Mg炭酸塩(AMC)の溶解度を25℃・大気CO_2分圧下で実験的に求め、自然界のアルカリ塩湖の水質がMHCとAMCの生成過程に支配されていることを明らかにした。しかし、大陸内部の乾燥寒冷地域に存在するアルカリ塩湖は冬季に結氷し、高緯度地域では一年間の半分以上が結氷している。

多くのイオンは氷結により液相に排除されるため、結氷に伴い液相にはイオン濃度の増加が生じることが予想される。したがって、湖の結氷によって鉱物生成が引き起こされる可能性は否定できない。また、結氷により大気と水溶液の隔離が生じると考えられる。すると、大気CO_2分圧と平衡であった湖水は著しい低CO_2分圧環境に変化することが推測される。さらに、氷が生成されるほどの低温環境は生成する鉱物種に影響を与える可能性があることに加え、その物質の溶解度、反応速度など物理化学的性質に対して大きな影響を及ぼす。したがって、25℃・大気CO_2分圧下だけでは実際の塩湖環境を議論するには不十分であると考えた。そこで、本研究では二つの目的を定めた。一つは、塩湖環境を模した水溶液を用いて、溶液周囲の環境温度の変化(5~50℃)と著しく低いCO_2分圧環境で沈澱生成する炭酸塩鉱物種を明らかにすること。二つ目は、生成した炭酸塩鉱物種によって支配される水質を推測するため、生成炭酸塩の溶解度を見積もることである。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of difference in mineral wettability on water-mineral reaction in rock pores

*横山 正[1]、西山 直毅[2]
*Tadashi Yokoyama[1], Naoki Nishiyama[2]

1. 広島大学大学院総合科学研究科、2. 筑波大学生命環境科学研究科
1. Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

When water infiltrates rock pores, dissolution occurs at the contact site of water and mineral. In many cases rock pores near the ground surface are not fully saturated with water and a portion of pores is filled with air. In order to study how the presence of air in pores affects the reactivity of each rock-forming mineral, the amounts of elements leached out from the rock were compared for water-saturated condition and unsaturated condition by using a core of Berea sandstone. The sandstone consists mainly of quartz with several percentages of feldspar, carbonates, and clays. In the case of the saturated condition, initially pores were saturated with water by vacuum treatment, then water was passed through the core at a constant water head difference. In the case of the unsaturated condition, water was passed through a dry core. After the onset of the experiment under the unsaturated condition, water saturation (the fraction at which pore volume is saturated with water) became ~60% almost immediately (air 40%), and gradually increased and reached ~100% after 9 days passed. Dissolution rates of Si and Ca (amount of dissolution per unit time per whole rock) were determined by measuring the concentrations of dissolved Ca and Si in leachates. The difference in dissolution rate between unsaturated condition and saturated condition was generally greater in the case of Ca than that of Si. This appears to be due to the difference of wettability of silicates and carbonate. Probably silicates were more easily wet and many silicate surfaces dissolved even under the presence of air, while dissolution of carbonate was diminished due to the absence of water contact or the insufficient flushing of Ca in the wetting film of the carbonate surface.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_23

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

Marine Osmium isotope record across the Aptian/Albian boundary to elucidate the relationship between the Oceanic Anoxic Event 1b and massive volcanic activities at the Southern Kerguelen Plateau

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2]
*Hironao Matsumoto[1], Junichiro Kuroda[1], Rodolfo Coccioni[2], Naohiko Ohkouchi[3], Nanako O. Ogawa[3], Saburo Sakai[3], Katsuhiko Suzuki[3], Fabrizio Frontalini[2], Andrea Mazzoli[2]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. ウルビノ大学、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. DiSPeA, University of Urbino, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Several organic-rich sediments (black shales) were deposited in the Tethys and the Atlantic Oceans from the uppermost Aptian to the lower Albian. In particular, four prominent black shale layers have been identified (i.e., Jacob, Kilian, Urbino/Paquier, and Leenhardt levels in stratigraphic order) as the sedimentary expression of Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b. The OAE1b is characterized by a major planktic foraminiferal turnover in the Cretaceous period and its exceptionally long duration. In spite of its significant impact on the marine biological evolution, the OAE1b is one of the least studied Cretaceous OAEs. Massive volcanic activities associated with the emplacement of Southern Kerguelen Plateau were ascribed as the trigger mechanisms for the OAE1b. However, the large uncertainties in the radiometric age of Southern Kerguelen Plateau and the sedimentary sequence of OAE1b have however hampered the definition of their causal relationship. Paleo-seawater osmium isotopic record ($^{187}Os/^{188}Os$) is a powerful tool to detect the timing of volcanic pulse. Marine $^{187}Os/^{188}Os$ value mainly reflects the balance between radiogenic osmium flux from the continental crust ($^{187}Os/^{188}Os$ ~1.0-1.5) and unradiogenic osmium flux through hydrothermal activities ($^{187}Os/^{188}Os$ ~0.12). Thus, the relative contribution of hydrothermal activities (or the submarine volcanic activities) can be reconstructed from the paleo-seawater $^{187}Os/^{188}Os$ variation recorded in the sedimentary rocks. In this study, we present a new record of marine Os isotopic record from the Late Aptian to Early Albian to reveal the timing of massive volcanic activities and its relationship with OAE1b.
Pelagic sedimentary rock samples were collected from two sites; 1) Poggio le Guaine (PLG) section (Italy) that was deposited in the central-western Tethys Ocean, and 2) Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 463 drilled at the western Mid-Pacific Mountains in the Pacific Ocean. Based on the micropaleontological study on planktonic foraminifera and carbon isotopic analysis of bulk inorganic carbon, the stratigraphy of these two sections was precisely correlated. Indeed, the stratigraphic interval equivalent to the Jacob and Kilian levels were identified for the first time in the Pacific region. Variations of initial $^{187}Os/^{188}Os$ values were consistent between PLG section and DSDP Site 463 and summarized as follows; 1) relatively stable $^{187}Os/^{188}Os$ values in the pre-OAE1b interval, 2) decline of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the onset of OAE1b, (3) a first sharp drop of $^{187}Os/^{188}Os$ at the extinction level, (4) a second sharp drop followed by an abrupt increase in the $^{187}Os/^{188}Os$ values at the Kilian level, and (5) fluctuation of $^{187}Os/^{188}Os$ values above the Kilian level. Combining $^{187}Os/^{188}Os$ data and other geochemical data, we interpreted that the drops of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the extinction and Kilian levels were induced by pulses of hydrothermal activities.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Massive volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau is one of the most likely candidates to have caused the decreases in isotopic composition of osmium of seawater recorded at PLG section and DSDP Site 463. The close correspondence of osmium spikes to the extinction events within the OAE1b would support a causal link between the volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau and the biotic turnover recorded across Aptian/Albian boundary.

キーワード：海洋無酸素事変1b、オスミウム同位体比、巨大火成岩岩石区
Keywords: Oceanic Anoxic Event 1b, Osmium isotope ratio, large igneous province

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

Rhaetian (Late Triassic) conodont biostratigraphy of the Panthalassa Ocean and the final extinction of conodonts at the end of the Triassic

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1]
*Kanna Yamasaki[1], Daisuke Yamashita[2], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学、2. 薩摩川内市役所
1. Kumamoto University, 2. Satsumasendai City Office

The Rhaetian stage of the Triassic was a period characterized by intense biological, climate and environmental changes, ending with the break-up of the supercontinent Pangaea and the occurrence of the End-Triassic mass Extinction (ETE), one of the big five extinctions documented during the Phanerozoic. It is noteworthy that the ETE seems to be associated with significant $d^{13}C$ perturbations (CIEs), commonly related to the CAMP eruptive phases. The stratigraphic record of these environmental changes has been recently reported from the Upper Triassic bedded chert successions in Japan, deposited within a Paleo-Pacific (Panthalassa) deep basin. The chronology for the Rhaetian pelagic in the Panthalassa Ocean is based on the radiolarian zonation, which is well established in the Upper Triassic bedded chert successions in the Mino Belt, central Japan. Although accurate calibration for the chronostratigraphic stages and substages are established basically by means of ammonites and conodonts, most of the Japanese radiolarian zones were calibrated through correlation with zonal schemes established in other regions, and have not been calibrated conodont biostratigraphy.

Here we present Upper Norian to Rhaetian conodont biostratigraphy of an Upper Triassic bedded chert succession from the Mino belt, central Japan, where the radiolarian biostratigraphy has been investigated (Hori, 1992; Sugiyama, 1997). Based on the stratigraphic distributions of marker species, four conodont zones were defined: the *Mocina bidentata* Zone, the *Misikella hernsteini* Zone, the *M. posthernsteini* zone, and the *M. ultima* zone, in ascending order. These conodont zones are comparable to the standard Late Norian and Rhaetian conodont zones of western Tethys. The Norian/Rhaetian boundary in the study section is tentatively placed between the last occurrence of a Norian radiolarian species (*Betraccium deweveri*) and the first occurrences of Rhaetian conodont species (*M. posthernsteini*). The intercalibrated conodont—radiolarian biostratigraphy from the section accurately calibrates the radiolarian zones in Japan with standard chronostratigraphic stages and substages.

キーワード：後期三畳紀、化石層序、コノドント、層状チャート、美濃帯、パンサラサ海
Keywords: Late Triassic, biostratigraphy, conodont, bedded chert, Mino belt, Panthalassa Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動
Paleoenvironmental changes across the Permian/Triassic boundary sections in the Mino Belt, central Japan

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1]
*Shinya Uemura[1], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学
1. Kumamoto University

The ca. 251 Ma Permian/Triassic boundary (PTB) records the largest biotic catastrophe in the Phanerozoic. A considerable amount of work for the PTB event has been done on the Tethyan platforms and peri -Pangean shelves, and some possible causes have been proposed to explain the extinction event: oceanic anoxia, meteorite impact, flood basalt volcanism and global warming. Sano et al. (2010, 2012) reported the stratigraphic variations of TOC, $\delta^{13}C_{org}$ and the number of Permian radiolarian species in the PTB siliceous rock section of the Mino Belt, central Japan, and inferred that a reducing condition in the deep Panthalassic Ocean at the PTB. In this study, we examined the geochemical and mineral compositions of the exactly the same sections of Sano et al. (2010, 2012).
The study sections, namely NF1212F and NF195, consist of Upper Permian chert (Changshingian) and Lower Triassic (Induan) black claystone intermittently with thin chert beds. A total 81 clatstone samples were obtained from the NF1212F and NF195 sections. Powder x-ray diffraction (XRD) analysis shows that the claystones below the PTB contained quartz, magnetite, illite and chlorite, while all the claystone above the boundary only contained quartz and illite. The results of XRF and ICP-MS analysis revealed that redox-sensitive trace-element (vanadium [V], chromium [Cr], molybdenum [Mo], and uranium [U]) increase in the uppermost Permian chert beds. The increasing trend in Mo/U ratio from 150 cm to 25 cm below the PTB indicates shift from anoxic to euxinic conditions. This trend suggests that strong reducing conditions developed just before the end-Permian mass extinction.

キーワード：ペルム紀/ 三畳紀境界、層状チャート、美濃帯、パンサラッサ海、海洋無酸素
Keywords: Permian/ Triassic boundary, bedded chert, Mino belt, Panthalassic ocean, ocean anoxia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2]
*HISASHI ASANUMA[1], Yusuke Sawaki[1], Shigenori Maruyama[2]

1. 東京大学、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. The University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

The Mona Complex in Anglesey-Lleyn records a Precambrian subduction-accretion orogeny on the Avalonian margin. It contains an accreted remnant of an oceanic crust and calc-alkaline igneous and high-pressure metamorphic rocks. Their geochronological study plays a key role in comprehension of geotectonic evolution of the Avalonian subduction system. Therefore, we have conducted U-Pb dating of detrital zircons from volcano-sedimentary rocks in the Monian Supergroup, and then K-Ar dating of white micas from pelitic and mafic schists in the Blueschist unit, the Central Shear Zone, and the New Harbour Group. Our new chronological dataset leads to re-interpretation of Anglesey-Lleyn geotectonic framework in terms of a younger analogue of comparable blueschist belts and accretionary orogens in Japan and California.
The evidences of arc-related magmatism are widely distributed in Wales and Central England, and they date back to 760 Ma. Age data of calc-alkaline granites suggest that the Avalonian subduction and its arc-related magmatism had already started by 711–677 Ma. In the period of main arc magmatism (616–555 Ma), a subduction-related accretion of the Gwna Group sediments started (by 578 Ma) on an active margin of Avalonia. Its accretion likely continued to 530 Ma. Moreover, metamorphic rocks of the Blueschist unit and the Central Shear Zone were exhumed from different crustal depths in the interval 578–530 Ma. Afterwards, sedimentation of the New Harbour and South Stack Groups occurred at < 515 ±13 Ma and < 501 ±10 Ma. Sediments of the New Harbour and South Stack Groups were finally accreted underneath the base of the Gwna Group at the accretionary wedge. The greenschist facies metamorphism of the New Harbour Group at 474 Ma constrains its minimum depositional age. In a larger perspective, our new ages are broadly contemporaneous with the calc-alkaline continental arc magmatism in NW Wales and Central England that formed by successive eastward subduction from 711 to 474 Ma.

キーワード：アバロニア、アングレシー・スリン地域、太平洋型造山運動
Keywords: Avalonia, Anglesey-Lleyn, Pacific-type orogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1]
*Yusuke Sawaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科
1. The University of Tokyo

The Ediacaran period records one of the most dramatic biological episodes in Earth’ s history. To decipher surface environmental changes occurring in the Ediacaran, a variety of geochemical proxies have been reported by a number of studies. Ediacaran sedimentary rocks in South China figure prominently in such studies, because they are fossiliferous and accumulated at various depositional settings from shallow marine to deep basin. Recent extensive geochemical works for the Doushantuo Formation in South China demonstrate that $\delta^{13}C$ values of carbonate were variable depending on the depositional settings. In order to test whether the difference reflect spacial or temporal variation, I focus on $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio as a chemostratigraphic tool. However, the existing $^{87}Sr/^{86}Sr$ values are limited to shallow marine deposits, which leaves ambiguity in a variation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in outer ocean. Our group conducted on-land drilling at Siduping and Tianping sections in South China to obtain completely continuous sedimentary rocks deposited at slope facies. We newly report stratigraphic profiles of the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios at the sections. $^{87}Sr/^{86}Sr$ chemostratigraphy demonstrated some diachronous natures of $\delta^{13}C$ within the Doushantuo Formation. The enhanced continental weathering during Gaskiers glaciation likely promoted bacterial sulfate reduction and aerobic respiration of organic matter. These resulted in low $\delta^{13}C$ values of dissolved inorganic carbon and accumulations of phosphate and dissolved CO_2 species in seawater, and eventually induced the deposition of phosphorites at the shelf margin. High $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios during the largest negative $\delta^{13}C$ anomaly in the Ediacaran can be also recognized in the continental slope sediment. This fact supports that globally high continental weathering rate led to massive remineralization of organic matter and a consequent significant negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursion.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 B (地球生命科学)：B-CG 地球生命科学複合領域・一般

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_41

[B-CG08] 顕生代生物多様性の変遷：絶滅と多様化

コンビーナ:磯崎 行雄(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系)、澤木 佑介(東京大学大学院総合文化研究科)

顕生代の生物多様性は生命圏環境の大規模な改変、短期間に強い外力が原因で起きた劇的環境変化と絶滅、そしてその後の放散が繰り返された結果である。突発的かつ大規模な環境変化の究極原因として、マントルプルームの活動などの惑星地球内部でおきる大規模な非可逆的変化およびそれに呼応する間欠的なグローバル物質循環パタンの変化、さらには暗黒星雲との遭遇に始まる銀河宇宙放射線の影響などが推定される。原生代末および顕生代の生物多様性変遷史は5回の大量絶滅によって特徴付けられ、個々にその原因が議論されているが、従来のアプローチだけではその原因や過程の解明には不十分で、未解明問題が残されている。本セッションでは、最新の研究成果がもたらす新しい地質学的視点から、顕生代の生物多様性に関与した古環境変動について改めて議論する。

[BCG08-P01] 白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2] (1.東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2.ウルビノ大学、3.海洋研究開発機構)

[BCG08-P02] パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学、2.薩摩川内市役所)

[BCG08-P03] 美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1] (1.熊本大学)

[BCG08-P04] Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2] (1.東京大学、2.東京工業大学地球生命研究所)

[BCG08-P05] Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1] (1.東京大学大学院総合文化研究科)

白亜紀アプチアン/アルビアン境界における海洋オスミウム同位体比記録の復元: Oceanic Anoxic Event 1bと大規模火成活動との関連解明にむけて

Marine Osmium isotope record across the Aptian/Albian boundary to elucidate the relationship between the Oceanic Anoxic Event 1b and massive volcanic activities at the Southern Kerguelen Plateau

*松本 廣直[1]、黒田 潤一郎[1]、Coccioni Rodolfo[2]、大河内 直彦[3]、小川 奈々子[3]、坂井 三郎[3]、鈴木 勝彦[3]、Frontalini Fabrizio[2]、Mazzoli Andrea[2]
*Hironao Matsumoto[1], Junichiro Kuroda[1], Rodolfo Coccioni[2], Naohiko Ohkouchi[3], Nanako O. Ogawa[3], Saburo Sakai[3], Katsuhiko Suzuki[3], Fabrizio Frontalini[2], Andrea Mazzoli[2]

1. 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻、2. ウルビノ大学、3. 海洋研究開発機構
1. Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo, 2. DiSPeA, University of Urbino, 3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Several organic-rich sediments (black shales) were deposited in the Tethys and the Atlantic Oceans from the uppermost Aptian to the lower Albian. In particular, four prominent black shale layers have been identified (i.e., Jacob, Kilian, Urbino/Paquier, and Leenhardt levels in stratigraphic order) as the sedimentary expression of Oceanic Anoxic Event (OAE) 1b. The OAE1b is characterized by a major planktic foraminiferal turnover in the Cretaceous period and its exceptionally long duration. In spite of its significant impact on the marine biological evolution, the OAE1b is one of the least studied Cretaceous OAEs. Massive volcanic activities associated with the emplacement of Southern Kerguelen Plateau were ascribed as the trigger mechanisms for the OAE1b. However, the large uncertainties in the radiometric age of Southern Kerguelen Plateau and the sedimentary sequence of OAE1b have however hampered the definition of their causal relationship. Paleo-seawater osmium isotopic record ($^{187}Os/^{188}Os$) is a powerful tool to detect the timing of volcanic pulse. Marine $^{187}Os/^{188}Os$ value mainly reflects the balance between radiogenic osmium flux from the continental crust ($^{187}Os/^{188}Os$ ~1.0-1.5) and unradiogenic osmium flux through hydrothermal activities ($^{187}Os/^{188}Os$ ~0.12). Thus, the relative contribution of hydrothermal activities (or the submarine volcanic activities) can be reconstructed from the paleo-seawater $^{187}Os/^{188}Os$ variation recorded in the sedimentary rocks. In this study, we present a new record of marine Os isotopic record from the Late Aptian to Early Albian to reveal the timing of massive volcanic activities and its relationship with OAE1b.
Pelagic sedimentary rock samples were collected from two sites; 1) Poggio le Guaine (PLG) section (Italy) that was deposited in the central-western Tethys Ocean, and 2) Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 463 drilled at the western Mid-Pacific Mountains in the Pacific Ocean. Based on the micropaleontological study on planktonic foraminifera and carbon isotopic analysis of bulk inorganic carbon, the stratigraphy of these two sections was precisely correlated. Indeed, the stratigraphic interval equivalent to the Jacob and Kilian levels were identified for the first time in the Pacific region. Variations of initial $^{187}Os/^{188}Os$ values were consistent between PLG section and DSDP Site 463 and summarized as follows; 1) relatively stable $^{187}Os/^{188}Os$ values in the pre-OAE1b interval, 2) decline of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the onset of OAE1b, (3) a first sharp drop of $^{187}Os/^{188}Os$ at the extinction level, (4) a second sharp drop followed by an abrupt increase in the $^{187}Os/^{188}Os$ values at the Kilian level, and (5) fluctuation of $^{187}Os/^{188}Os$ values above the Kilian level. Combining $^{187}Os/^{188}Os$ data and other geochemical data, we interpreted that the drops of $^{187}Os/^{188}Os$ values at the extinction and Kilian levels were induced by pulses of hydrothermal activities.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Massive volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau is one of the most likely candidates to have caused the decreases in isotopic composition of osmium of seawater recorded at PLG section and DSDP Site 463. The close correspondence of osmium spikes to the extinction events within the OAE1b would support a causal link between the volcanic eruptions at the Southern Kerguelen Plateau and the biotic turnover recorded across Aptian/Albian boundary.

キーワード：海洋無酸素事変1b、オスミウム同位体比、巨大火成岩岩石区
Keywords: Oceanic Anoxic Event 1b, Osmium isotope ratio, large igneous province

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

パンサラサ海における後期三畳紀レーチアンのコノドント化石層序と三畳紀末コノドントの絶滅

Rhaetian (Late Triassic) conodont biostratigraphy of the Panthalassa Ocean and the final extinction of conodonts at the end of the Triassic

*山﨑 栞奈[1]、山下 大輔[2]、尾上 哲治[1]
*Kanna Yamasaki[1], Daisuke Yamashita[2], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学、2. 薩摩川内市役所
1. Kumamoto University, 2. Satsumasendai City Office

The Rhaetian stage of the Triassic was a period characterized by intense biological, climate and environmental changes, ending with the break-up of the supercontinent Pangaea and the occurrence of the End-Triassic mass Extinction (ETE), one of the big five extinctions documented during the Phanerozoic. It is noteworthy that the ETE seems to be associated with significant $d^{13}C$ perturbations (CIEs), commonly related to the CAMP eruptive phases. The stratigraphic record of these environmental changes has been recently reported from the Upper Triassic bedded chert successions in Japan, deposited within a Paleo-Pacific (Panthalassa) deep basin. The chronology for the Rhaetian pelagic in the Panthalassa Ocean is based on the radiolarian zonation, which is well established in the Upper Triassic bedded chert successions in the Mino Belt, central Japan. Although accurate calibration for the chronostratigraphic stages and substages are established basically by means of ammonites and conodonts, most of the Japanese radiolarian zones were calibrated through correlation with zonal schemes established in other regions, and have not been calibrated conodont biostratigraphy.

Here we present Upper Norian to Rhaetian conodont biostratigraphy of an Upper Triassic bedded chert succession from the Mino belt, central Japan, where the radiolarian biostratigraphy has been investigated (Hori, 1992; Sugiyama, 1997). Based on the stratigraphic distributions of marker species, four conodont zones were defined: the *Mocina bidentata* Zone, the *Misikella hernsteini* Zone, the *M. posthernsteini* zone, and the *M. ultima* zone, in ascending order. These conodont zones are comparable to the standard Late Norian and Rhaetian conodont zones of western Tethys. The Norian/Rhaetian boundary in the study section is tentatively placed between the last occurrence of a Norian radiolarian species (*Betraccium deweveri*) and the first occurrences of Rhaetian conodont species (*M. posthernsteini*). The intercalibrated conodont—radiolarian biostratigraphy from the section accurately calibrates the radiolarian zones in Japan with standard chronostratigraphic stages and substages.

キーワード：後期三畳紀、化石層序、コノドント、層状チャート、美濃帯、パンサラサ海
Keywords: Late Triassic, biostratigraphy, conodont, bedded chert, Mino belt, Panthalassa Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

美濃帯遠洋性堆積岩のペルム紀/三畳紀境界に記録された古環境変動
Paleoenvironmental changes across the Permian/Triassic boundary sections in the Mino Belt, central Japan

*植村 真也[1]、尾上 哲治[1]
*Shinya Uemura[1], Tetsuji Onoue[1]

1. 熊本大学
1. Kumamoto University

The ca. 251 Ma Permian/Triassic boundary (PTB) records the largest biotic catastrophe in the Phanerozoic. A considerable amount of work for the PTB event has been done on the Tethyan platforms and peri -Pangean shelves, and some possible causes have been proposed to explain the extinction event: oceanic anoxia, meteorite impact, flood basalt volcanism and global warming. Sano et al. (2010, 2012) reported the stratigraphic variations of TOC, $\delta^{13}C_{org}$ and the number of Permian radiolarian species in the PTB siliceous rock section of the Mino Belt, central Japan, and inferred that a reducing condition in the deep Panthalassic Ocean at the PTB. In this study, we examined the geochemical and mineral compositions of the exactly the same sections of Sano et al. (2010, 2012).
The study sections, namely NF1212F and NF195, consist of Upper Permian chert (Changshingian) and Lower Triassic (Induan) black claystone intermittently with thin chert beds. A total 81 clatstone samples were obtained from the NF1212F and NF195 sections. Powder x-ray diffraction (XRD) analysis shows that the claystones below the PTB contained quartz, magnetite, illite and chlorite, while all the claystone above the boundary only contained quartz and illite. The results of XRF and ICP-MS analysis revealed that redox-sensitive trace-element (vanadium [V], chromium [Cr], molybdenum [Mo], and uranium [U]) increase in the uppermost Permian chert beds. The increasing trend in Mo/U ratio from 150 cm to 25 cm below the PTB indicates shift from anoxic to euxinic conditions. This trend suggests that strong reducing conditions developed just before the end-Permian mass extinction.

キーワード：ペルム紀/ 三畳紀境界、層状チャート、美濃帯、パンサラッサ海、海洋無酸素
Keywords: Permian/ Triassic boundary, bedded chert, Mino belt, Panthalassic ocean, ocean anoxia

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geotectonic history of Mona Complex in Anglesey-Lleyn, Wales

*浅沼 尚[1]、澤木 佑介[1]、丸山 茂徳[2]
*HISASHI ASANUMA[1], Yusuke Sawaki[1], Shigenori Maruyama[2]

1. 東京大学、2. 東京工業大学地球生命研究所
1. The University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

The Mona Complex in Anglesey-Lleyn records a Precambrian subduction-accretion orogeny on the Avalonian margin. It contains an accreted remnant of an oceanic crust and calc-alkaline igneous and high-pressure metamorphic rocks. Their geochronological study plays a key role in comprehension of geotectonic evolution of the Avalonian subduction system. Therefore, we have conducted U-Pb dating of detrital zircons from volcano-sedimentary rocks in the Monian Supergroup, and then K-Ar dating of white micas from pelitic and mafic schists in the Blueschist unit, the Central Shear Zone, and the New Harbour Group. Our new chronological dataset leads to re-interpretation of Anglesey-Lleyn geotectonic framework in terms of a younger analogue of comparable blueschist belts and accretionary orogens in Japan and California.
The evidences of arc-related magmatism are widely distributed in Wales and Central England, and they date back to 760 Ma. Age data of calc-alkaline granites suggest that the Avalonian subduction and its arc-related magmatism had already started by 711–677 Ma. In the period of main arc magmatism (616–555 Ma), a subduction-related accretion of the Gwna Group sediments started (by 578 Ma) on an active margin of Avalonia. Its accretion likely continued to 530 Ma. Moreover, metamorphic rocks of the Blueschist unit and the Central Shear Zone were exhumed from different crustal depths in the interval 578–530 Ma. Afterwards, sedimentation of the New Harbour and South Stack Groups occurred at < 515 ±13 Ma and < 501 ±10 Ma. Sediments of the New Harbour and South Stack Groups were finally accreted underneath the base of the Gwna Group at the accretionary wedge. The greenschist facies metamorphism of the New Harbour Group at 474 Ma constrains its minimum depositional age. In a larger perspective, our new ages are broadly contemporaneous with the calc-alkaline continental arc magmatism in NW Wales and Central England that formed by successive eastward subduction from 711 to 474 Ma.

キーワード：アバロニア、アングレシー・スリン地域、太平洋型造山運動
Keywords: Avalonia, Anglesey-Lleyn, Pacific-type orogeny

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Radiogenic Sr isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Craton, South China

*澤木 佑介[1]
*Yusuke Sawaki[1]

1. 東京大学大学院総合文化研究科
1. The University of Tokyo

The Ediacaran period records one of the most dramatic biological episodes in Earth’ s history. To decipher surface environmental changes occurring in the Ediacaran, a variety of geochemical proxies have been reported by a number of studies. Ediacaran sedimentary rocks in South China figure prominently in such studies, because they are fossiliferous and accumulated at various depositional settings from shallow marine to deep basin. Recent extensive geochemical works for the Doushantuo Formation in South China demonstrate that $\delta^{13}C$ values of carbonate were variable depending on the depositional settings. In order to test whether the difference reflect spacial or temporal variation, I focus on $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio as a chemostratigraphic tool. However, the existing $^{87}Sr/^{86}Sr$ values are limited to shallow marine deposits, which leaves ambiguity in a variation of $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios in outer ocean. Our group conducted on-land drilling at Siduping and Tianping sections in South China to obtain completely continuous sedimentary rocks deposited at slope facies. We newly report stratigraphic profiles of the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios at the sections. $^{87}Sr/^{86}Sr$ chemostratigraphy demonstrated some diachronous natures of $\delta^{13}C$ within the Doushantuo Formation. The enhanced continental weathering during Gaskiers glaciation likely promoted bacterial sulfate reduction and aerobic respiration of organic matter. These resulted in low $\delta^{13}C$ values of dissolved inorganic carbon and accumulations of phosphate and dissolved CO_2 species in seawater, and eventually induced the deposition of phosphorites at the shelf margin. High $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios during the largest negative $\delta^{13}C$ anomaly in the Ediacaran can be also recognized in the continental slope sediment. This fact supports that globally high continental weathering rate led to massive remineralization of organic matter and a consequent significant negative $\delta^{13}C_{carb}$ excursion.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_24

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

水滴の結晶化理論モデル
Theoretical Model of Crystallization through Homogeneous Nucleation in Water Droplets

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2]
*Kyoko Kitakami Tanaka[1], Yuki Kimura[2]

1. 東北大学、2. 北海道大学低温科学研究所
1. Tohoku University, 2. Hokkaido University, Institute of Low Temperature Science

The crystallization process of water droplets is not only fundamentally important, but is also climate-sensitive and hence relevant to urgent problems such as climate change. However, water crystallization in environments such as cirrus clouds is difficult to explore by conventional experimental approaches. Analytical models of the crystallization process can assist our understanding of ice nucleation and predict the crystallization processes in environments that cannot be replicated in the laboratory. Experimentally, micrometer-sized droplets are known to crystallize at approximately 235 K, regardless of cooling rate and experimental method. However, the crystallization temperature of smaller (nanometer-sized) droplets suddenly drops at high cooling rates (~10^5 K/s). At very high cooling rates (10^{6-7} K/s), liquid water droplets vitrify rather than crystallize. A model that explains all of these characteristics is thus far lacking. Motivated by this knowledge gap, we construct a new model of water-droplet crystallization that evolves the homogenous nucleation and crystal growth in water droplets during cooling (Tanaka & Kimura, PCCP, 21, 2410, 2019). The crystallization process depends on the surface energy at the liquid–solid interface (which determines the liquid-to-sold nucleation rate) and the activation energy of molecular diffusion through the liquid. The model extends our previous model (Tanaka et al. J. Crystal Growth, 310, 1281, 2008) by incorporating the droplet size-dependence of the crystallization process. Especially, smaller droplets begin crystallizing later than larger droplets because they are less likely to form a nucleating center in a given time. We also try two diffusion coefficients: the diffusivity of amorphous ice (ASW) and the diffusivity of supercooled liquid (SCL) water. The model well replicated the results of previous laboratory experiments, especially, the different responses of the crystallization temperatures of the micrometer- and nanometer-sized particles as functions of cooling rate. At low cooling rates, the ASW and SCL diffusivities gave the same results for micrometer-sized particles, because these particles crystallize at temperatures around the homogenous nucleation temperature (235 K), where both diffusivities are identical. However, for nanometer-sized particles, the crystallization temperature is lower and the SCL diffusivity is more accurate than the ASW diffusivity. Calculations on small droplets also provide low-temperature information at high cooling rates, which are sparsely acquired in experiments. The critical cooling rate of vitrification was predicted as 10^{7-8} K/s with SCL diffusivity, consistent with the experimental rates.

キーワード：核生成 、 結晶成長、水、非晶質化
Keywords: nucleation, crystal growth, water, vitrification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

Mean Height of the Self-Assembled Faceted Macrosteps: Steady Crystal Growth/Dissolution in a Reaction- (Interface-) Limited Process

*阿久津 典子[1]
*Noriko Akutsu[1]

1. 大阪電気通信大学工学部
1. Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University

Faceted macrosteps are considered to play critical roles in some reaction- (interface-) limited processes of crystal growth/dissolution [1]. For the diffusion-limited crystal growth, step dynamics of macrosteps or bunched steps with rough side surfaces has been studied theoretically and experimentally [2,3]. Whereas, for the reaction-limited crystal growth/dissolution, the step dynamics of macrosteps has not yet been studied sufficiently.

In this paper, the step dynamics of faceted macrosteps in a reaction- (interface-) limited crystal growth/dissolution is studied theoretically by using a Monte Carlo method for the non-conserved systems. The microscopic model for this Monte Carlo study is the restricted solid-on-solid model with a point-contact step-step attraction (p-RSOS model) [4]. Here, the “restricted” means the height difference between the nearest neighbor sites is restricted to {0, ±1}. The step-step attraction is assumed to be the energy gain ε_{int} by forming a bond between the neighboring steps at the meeting point. The eminent point of this p-RSOS model is that the reliable surface tension (surface free energy per unit normal area) can be calculated at equilibrium by using the density-matrix renormalization-group (DMRG) method [5]. The polar graph of the surface tension (the Wulff figure) calculated by the DMRG method is shown in Fig. 1 [6]. A faceted macrostep is self-organizing at equilibrium because of the discontinuous surface tension resulting from the microscopic step-step attraction [6].

In the non-equilibrium steady state, we found that the height of the macrostep decreases as the driving force of dissolution increases [7]. In the step-faceting zone (Fig. 1 (a)), elementary steps detach from the faceted macrostep by way of the two-dimensional (2D) nucleation at the upper edge of the faceted macrostep on the (001) and the (111) surfaces. Near equilibrium, since the kink densities of the (001) and the (111) surfaces are few, the faceted surfaces cannot move. For the large driving force, the vicinal surface roughens kinetically.

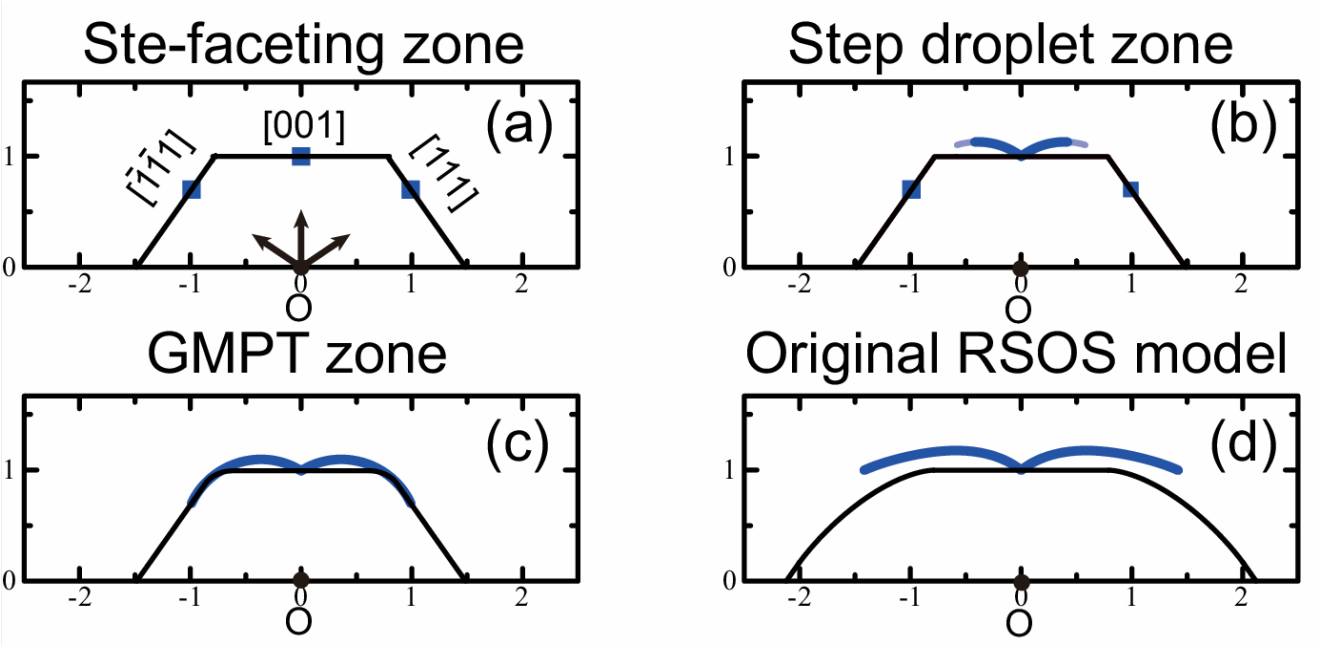
1. T. Mitani, N. Komatsu, T. Takahashi, T. Kato, S. Harada, T. Ujihara, Y. Matsumoto, K. Kurashige, and H. Okumura, J. Cryst. Growth, **423**, 45–49 (2015). A. F. Khokhryakov, Y. N. Palyanov, Y. M. Borzdov, A. S. Kozhukhov, and D. V. Shcheglov, Cryst. Growth Des. **18**, 152–158 (2018).
2. A. Pimpinelli and J. Villain, *Physics of Crystal Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998). A. L. Barabasi and H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995).
3 A. A. Chernov, Sov. Phys. USP, **4**, 116–148 (1961). T. Nishinaga, C. Sasaoka, and A. A. Chernov, Ed. I. Sunagawa, *Morphology and Growth Unit of Crystals* (Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 1989) pp. 139–151.
4. N. Akutsu, Applied Surface Science, **256**, 1205–1209 (2009); J. Phys. Condens. Matter, **23**, 485004

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2011).
5. N. Akutsu and T. Yamamoto, ed. T. Nishinaga, *Handbook of Crystal Growth*, Vol. I. (Elsevier, 2015) pp. 265–313.
6. N. Akutsu, “Profile of a Faceted Macrostep Caused by Anomalous Surface Tension,” Adv. Cond. Matter Physics, 2017, Article ID 2021510 (2017); AIP Adv., **6**, 035301 (2016).
7. N. Akutsu, Crystals **7**, 42 (2017); Phys. Rev. Materials **2**, 023603 (2018).

Fig. 1 Cross section of the Wulff figure and the equilibrium crystal shape (ECS). Thin solid lines: ECS. Thick solid lines and filled squares: polar graph of surface tension. (a) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. (b) $k_BT/\varepsilon = 0.63$. Light thin solid lines: polar graph of surface tension for metastable surfaces. (c) $k_BT/\varepsilon = 0.75$. (d) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. The original RSOS model. The figures are taken from Ref. [6].

キーワード：モンテカルロ・シミュレーション、結晶の不連続な表面張力、表面自由エネルギー、密度行列繰り込み群法、ファセット化したマクロステップ
Keywords: Monte Carlo simulation , Discontinuous surface tension of crystal, Surface free energy, Density-matrix renormalization-group method, Faceted macrosteps



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光学手法を用いた天然雪のその場観察
In-situ observation of natural snow crystals by optical techniques

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1]
*Yuki Kimura[1], Tomoya Yamazaki[1], Takao Maki, Yoshinori Furukawa[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Natural snow crystals excite our interest because of several reasons such as its beautiful geometry, its symmetricity and variety. Relationship between geometry of snow crystal and its formation environment (temperature and humidity) was investigated by Ukichiro Nakaya and has been well known as Nakaya diagram. After that, the reason of why snow crystal changes their geometry, such as platy, needle and column, with slight difference of temperature and humidity, and the growth mechanisms have been studied [e.g., Sanchez et al. *PNAS* 114 (2017) 227; Brumberg et al., *PNAS* 114 (2017) 5349]. Nevertheless, there are several questions have been remained. For instance; origin of twelve-fold snow can be explained not only by a twin but by contribution of secondary prism plane; and origin of characteristic pattern can be appeared not only by intrinsic defects but also by a result of growth.

To understand snow crystals more, we have performed in-situ observation of natural snow crystals and its sublimation/regrowth experiments in an environment controllable cell under originally designed optical systems at the base of Asahi-dake in the Taisetsu area, Hokkaido, Japan for 15 nights in total for five winter seasons from 2015 to 2019. The environment controllable cell has a Peltier cooling unit, which has a water vapor source with a heater and a chromel-alumel thermocouple on top, windows for optical observation, capillary to handle a snow crystal and a platinum resistance temperature detector for temperature measurement of the cell. The optical systems consist of the modified Mach–Zehnder-type interferometer (Maki-type laser interferometer), the Michelson-type white-light interferometer microscope with a long working distance, the optimized color-filtered optical microscopes, a polarized optical microscope and so on.

We set the optical systems in a snow-lab, which is a handmade igloo-like snow room, also works as a good sound and vibration absorber. Temperature in the Taisetsu area and inside the snow-lab are around -10 to -20°C and -5 to -13°C, respectively. Higher temperature in the snow-lab than outside is due to observers and experimental systems. One advantage of the snow-lab is maintaining the humidity close to 100% because all the walls of the snow-lab have been made of snow.

We collected snow crystals directly on a black felt just outside the snow-lab and selected a snow crystal, which was put onto a glass plate for general observations of the shape and surface textures. A snow crystal is also put onto a tip of a glass rod of 1.4 mm in diameter for the Maki-type laser interferometer. Rates for sublimation and regrowth of a snow crystal were successfully measured in thickness and lateral direction simultaneously at a certain environment, where supersaturation was controlled using the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

environment controllable cell. In addition, surface topography of both surfaces of a snow crystal, which was put onto a Y-shaped metallic holder, could be observed using the Michelson-type white-light interferometric microscope. Here, we will summarize our attempts of these in-situ observations and the results.

Acknowledgments: We thank Y. Sato, Y. Hirata, S. Nakatsubo, K. Fujita and S. Mori of the Technical Division in the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, for their help in the development of the experimental system. This study was supported partly by the Grant for Joint Research Program of the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.

キーワード：雪、その場観察、干渉計、光学顕微鏡
Keywords: Snow, In situ observation, Interferometry, Optical microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化
Visualization of local environment around forming/dissolving carbonate minerals with the fluorescent probe

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1]
*Jun Kawano[1], Kotaro Osawa[2], Takashi Toyofuku[3,4], Yukiko Nagai[4,5], Jun-ya Tanaka[6], Takaya Nagai[1]

1. 北海道大学大学院 理学研究院、2. 北海道大学　理学部、3. 海洋研究開発機構、4. 東京海洋大学、5. 国立科学博物館、6. 北海道大学大学院　理学院
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. School of Science, Hokkaido University, 3. JAMSTEC, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. National Museum of Nature and Science of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Hokkaido University

To understand the formation or dissolution mechanism of crystal in aqueous solution, it should be important to analyze the local condition of solution just around dissolving or growing crystal. Recently, we have succeeded to visualize the distribution of pH and ionic concentration around carbonate minerals dissolving in inorganic environment, by using the fluorescent probe. In the present study, we have tried to apply this technique to the formation process of calcium carbonate.
Calcium carbonate was synthesized by the counter diffusion method, in which calcium chloride and sodium carbonate solutions were counter-diffused through an agarose gel matrix containing the fluorescent probe like 8-hydroxypyrene-1,3,6-trisul-fonic acid (HPTS). We observed under a microscope that pH in the middle part of gel first increased gradually with time and turn downward after crystals formed. The counter diffusion method with gel media for the carbonate synthesis has attracted attention as a valid tool in the study of biomineralization because the calcification sites in some organisms were recently suggested to have the features of a highly viscous sol or gel matrix. Therefore, the detail observation of the local condition around forming calcium carbonate in gel matrix could provide new insights into the knowledge of biomineralization mechanisms.

キーワード：可視化、炭酸塩鉱物、pH
Keywords: Visulization, carbonate minerals, pH

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトBaMg(CO)の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果
Influence of Ammonium Nitrate on Crystallization of Norsethite from Aqueous Solution

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1]
*Itaru Echigo[1], Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda, Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、ノルセサイトは新たな音響光学素子や波長変換素子として利用できると期待することができる。しかしながら、ノルセサイトは溶解度が低く、過飽和度の制御が容易ではないため、ノルセサイトの育成は難しい。本研究では、ノルセサイトの溶解度の改善をめざし、ノルセサイトの結晶化に及ぼすNH_4NO_3の添加の効果を調べた。ノルセサイトの溶解度は純水へのNH_4NO_3の添加量が増加するにつれて増加した。またNH_4NO_3の添加量が1Mに達すると、ノルセサイトの溶解度は無添加の場合の約30倍まで向上し、その後、頭打ちとなった。次に、70°Cで生成した。沈殿物を粉末XRD測定すると、1MのNH_4NO_3を添加した場合のみ、混合直後にノルセサイトの回折ピークが検出された。この結果よりNH_4NO_3の添加によりノルセサイトの結晶化は加速することが明らかになった。以上より、我々はNH_4NO_3の添加はノルセサイトの育成に有効と結論付けた。

キーワード：ノルセサイト、水溶液成長、硝酸アンモニウム
Keywords: Norsethite, Aqueous Solution Growth, Ammonium Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察
Direct observation of zeolite nucleation from compacted bentonite under hyperalkaline condition

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3]
*Hisao Satoh[1], Mayumi Takazawa[2], Daisuke Hayashi[3], Masaya Ida[3]

1. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3. 原子力環境整備促進資金管理センター
1. Naka Energy Research Laboratory, Mitsubishi Materials Corporation, 2. Mitsubishi Materials Corporation, 3. Radioactive Waste Management Funding and Research Center

Since dissolution issue of smectite arose on engineered barrier system using bentonite (absorbent clay from shale consisting mostly of smectite) for radioactive waste repository for past several decades, smectite studies are focusing on (1) dissolution kinetics [1, 2], (2) hydraulic property of smectite in various states (gel to compacted [3]) and (3) alterations into the other clay and zeolites [4]. Former two issues are closely related to undersaturation of pore water and reactive surface area of smectite grains as a function of density. As the result, the pore water produced from locally dissolved smectite can gain the supersaturation with respect to potential secondary phases. The third one, the alteration, can finally lead the total thermodynamic system to the next equilibrium state consisting of secondary phases.

For understanding the alteration, we had carried out direct observation on pure montmorillonite and bentonite composed of montmorillonite, quartz and albite with or without minor amount of zeolite additive under Na, K and Ca hydroxide solution at 70 ˚C (pH 12.1) [2]. Two methods were used: (1) interferometric measurement of montmorillonite dissolution [2, 5]; (2) direct optical observation of new precipitations. The former gave the rate as a function of density, the latter provided information about nucleation. Sooner or later, the pore water likely attained to local equilibrium, as long as solution flow is limited by compaction.

Differed from previous result, dissolution of pure montmorillonite in the rates varied from 1E-9 (density < 0.01) to 1E-13 mol/m^2/s (density > 1.2) [2] did not always derive precipitation of secondary phases. However, the system, bentonite was not the case. Bentonite especially with minor amount of zeolite caused prominent nucleation of secondary zeolite after a long induction period (weeks) after solution-flow was shut-off.

This alteration behavior could be interpreted with heterogeneous nucleation model. Interfacial free energy, $\gamma_{S/L}$ between secondary phases and alkaline solution was evaluated by wetting angle measurements. There are two end-members such as low and high silica zeolite, those are analcime (ANA: $NaAlSi_2O_6$; Si/Al = 2.0) and clinoptilolite (CLP: $(NaKCa)_3Al_3Si_{15}O_{36}$; Si/Al = 5.0). Their $\gamma_{S/L}$ were measured to be and 50.54 and 71.31 mJ/m^2, respectively. Chemical equilibrium calculation predicts that CLP is the most stable phase in this reaction system. Microanalyses, however, identified the product as phillipsite (PHI: $(NaKCa)_4Al_4Si_{12}O_{32}$; Si/Al = 3.0) as intermediate composition between CLP and ANA or laumontite (LAU: $CaAl_2Si_4O_{12}$: Si/Al = 2.0). When PHI was seeded to the bentonite system, secondary zeolite was PHI. Also, the observed induction periods (Inl) mostly correlate with supersaturations ($1/S^2$). However, the I sometimes became longer than that by CLP seeding. Seed crystal with higher $g_{S/L}$ such like CLP has lower solubility and likely promotes PHI nucleation more than CLP itself. Fast PHI nucleation by CLP-seeding was an unusual. Direct observation could give us an interesting information. During the early observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in the presence of CLP seed recognized two-step process in which spherical objects were growing in ten times faster rate (5.6E-3 nm/s) than the later phase evolving to faceted (5.1E-2 nm/s). This may have contributed to shortening the induction. Such an amorphous phase is often observed especially at room temperature reaction.

This research is a part of the results of “Advancement of Processing and Disposal Technique for the Geological disposal of TRU Waste (FY2017)” under an entrustment from the Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) in the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan.

[1] Cama et al. (2000) GCA, 64, 2701-2717; [2] Satoh et al. (2013) Clay Min., 48, 285-294; [3] Terada et al. (2018) Mat. Res. Exp., 6, 035514; [4] Dunkel and Putnis (2014) Eur. J. Min., 26, 61-69; [5] Ueta et al. (2016) J. Nuc. Sci, Tech., 53, 184-191.

キーワード：モンモリロナイト、ゼオライト、核形成、非晶質
Keywords: Montmorillonite, zeolite, nucleation, amorphous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_43

[M-IS10] 結晶成長、溶解における界面・ナノ現象

コンビーナ:木村 勇気(北海道大学低温科学研究所)、三浦 均(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)、佐藤 久夫(三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所)、塚本 勝男(大阪大学大学院工学研究科)

結晶の構造や晶癖はその鉱物が経験してきた過程を反映しており、これまで多くの情報が引き出されてきた。これに対し、近年表面・界面現象をナノスケールで取り扱う試みがなされ、ダイナミクスを含めて結晶成長メカニズムが議論されるようにまでなってきた。さらに、多くの分野において溶解過 程や速度データなどが急速に望まれるようになっている。本セッションでは、表面、界面現象に焦点を当てることで、従来の鉱物だけに留まらず、生体起源、地球環境、宇宙惑星に係わる鉱物の成長、溶解メカニズムを融合的に議論する。

[MIS10-P01] 水滴の結晶化理論モデル

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2] (1.東北大学、2.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P02] ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

*阿久津 典子[1] (1.大阪電気通信大学工学部)

[MIS10-P03] 光学手法を用いた天然雪のその場観察

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1] (1.北海道大学低温科学研究所)

[MIS10-P04] 蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1] (1.北海道大学大学院 理学研究院、2.北海道大学　理学部、3.海洋研究開発機構、4.東京海洋大学、5.国立科学博物館、6.北海道大学大学院　理学院)

[MIS10-P05] ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1] (1.山口大学大学院創成科学研究科)

[MIS10-P06] 高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3] (1.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2.三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3.原子力環境整備促進資金管理センター)

水滴の結晶化理論モデル
Theoretical Model of Crystallization through Homogeneous Nucleation in Water Droplets

*田中 今日子[1]、木村 勇気[2]
*Kyoko Kitakami Tanaka[1], Yuki Kimura[2]

1. 東北大学、2. 北海道大学低温科学研究所
1. Tohoku University, 2. Hokkaido University, Institute of Low Temperature Science

The crystallization process of water droplets is not only fundamentally important, but is also climate-sensitive and hence relevant to urgent problems such as climate change. However, water crystallization in environments such as cirrus clouds is difficult to explore by conventional experimental approaches. Analytical models of the crystallization process can assist our understanding of ice nucleation and predict the crystallization processes in environments that cannot be replicated in the laboratory. Experimentally, micrometer-sized droplets are known to crystallize at approximately 235 K, regardless of cooling rate and experimental method. However, the crystallization temperature of smaller (nanometer-sized) droplets suddenly drops at high cooling rates (~10^5 K/s). At very high cooling rates (10^{6-7} K/s), liquid water droplets vitrify rather than crystallize. A model that explains all of these characteristics is thus far lacking. Motivated by this knowledge gap, we construct a new model of water-droplet crystallization that evolves the homogenous nucleation and crystal growth in water droplets during cooling (Tanaka & Kimura, PCCP, 21, 2410, 2019). The crystallization process depends on the surface energy at the liquid–solid interface (which determines the liquid-to-sold nucleation rate) and the activation energy of molecular diffusion through the liquid. The model extends our previous model (Tanaka et al. J. Crystal Growth, 310, 1281, 2008) by incorporating the droplet size-dependence of the crystallization process. Especially, smaller droplets begin crystallizing later than larger droplets because they are less likely to form a nucleating center in a given time. We also try two diffusion coefficients: the diffusivity of amorphous ice (ASW) and the diffusivity of supercooled liquid (SCL) water. The model well replicated the results of previous laboratory experiments, especially, the different responses of the crystallization temperatures of the micrometer- and nanometer-sized particles as functions of cooling rate. At low cooling rates, the ASW and SCL diffusivities gave the same results for micrometer-sized particles, because these particles crystallize at temperatures around the homogenous nucleation temperature (235 K), where both diffusivities are identical. However, for nanometer-sized particles, the crystallization temperature is lower and the SCL diffusivity is more accurate than the ASW diffusivity. Calculations on small droplets also provide low-temperature information at high cooling rates, which are sparsely acquired in experiments. The critical cooling rate of vitrification was predicted as 10^{7-8} K/s with SCL diffusivity, consistent with the experimental rates.

キーワード：核生成 、 結晶成長、水、非晶質化
Keywords: nucleation, crystal growth, water, vitrification

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ファセット化したマクロステップの平均高さ：反応（界面）律速定常成長/溶解

Mean Height of the Self-Assembled Faceted Macrosteps: Steady Crystal Growth/Dissolution in a Reaction- (Interface-) Limited Process

*阿久津 典子[1]
*Noriko Akutsu[1]

1. 大阪電気通信大学工学部
1. Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University

Faceted macrosteps are considered to play critical roles in some reaction- (interface-) limited processes of crystal growth/dissolution [1]. For the diffusion-limited crystal growth, step dynamics of macrosteps or bunched steps with rough side surfaces has been studied theoretically and experimentally [2,3]. Whereas, for the reaction-limited crystal growth/dissolution, the step dynamics of macrosteps has not yet been studied sufficiently.

In this paper, the step dynamics of faceted macrosteps in a reaction- (interface-) limited crystal growth/dissolution is studied theoretically by using a Monte Carlo method for the non-conserved systems. The microscopic model for this Monte Carlo study is the restricted solid-on-solid model with a point-contact step-step attraction (p-RSOS model) [4]. Here, the “restricted” means the height difference between the nearest neighbor sites is restricted to {0, ±1}. The step-step attraction is assumed to be the energy gain ε_{int} by forming a bond between the neighboring steps at the meeting point. The eminent point of this p-RSOS model is that the reliable surface tension (surface free energy per unit normal area) can be calculated at equilibrium by using the density-matrix renormalization-group (DMRG) method [5]. The polar graph of the surface tension (the Wulff figure) calculated by the DMRG method is shown in Fig. 1 [6]. A faceted macrostep is self-organizing at equilibrium because of the discontinuous surface tension resulting from the microscopic step-step attraction [6].

In the non-equilibrium steady state, we found that the height of the macrostep decreases as the driving force of dissolution increases [7]. In the step-faceting zone (Fig. 1 (a)), elementary steps detach from the faceted macrostep by way of the two-dimensional (2D) nucleation at the upper edge of the faceted macrostep on the (001) and the (111) surfaces. Near equilibrium, since the kink densities of the (001) and the (111) surfaces are few, the faceted surfaces cannot move. For the large driving force, the vicinal surface roughens kinetically.

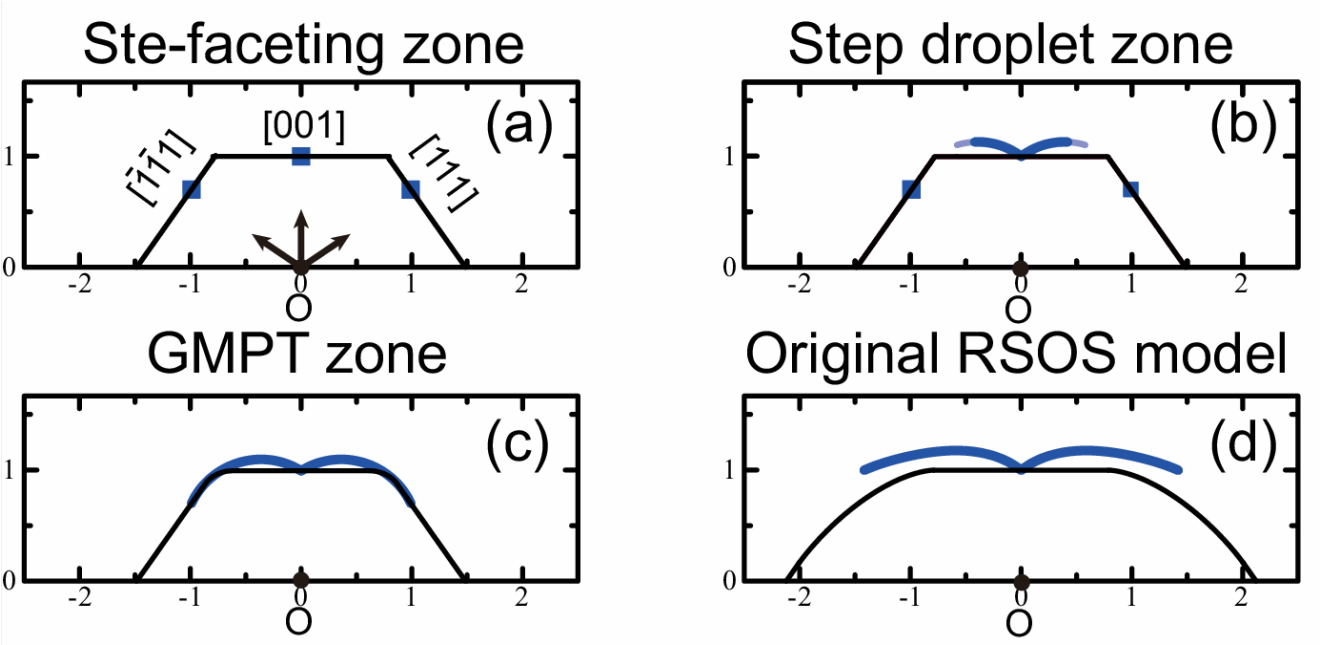
1. T. Mitani, N. Komatsu, T. Takahashi, T. Kato, S. Harada, T. Ujihara, Y. Matsumoto, K. Kurashige, and H. Okumura, J. Cryst. Growth, **423**, 45–49 (2015). A. F. Khokhryakov, Y. N. Palyanov, Y. M. Borzdov, A. S. Kozhukhov, and D. V. Shcheglov, Cryst. Growth Des. **18**, 152–158 (2018).
2. A. Pimpinelli and J. Villain, *Physics of Crystal Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1998). A. L. Barabasi and H. E. Stanley, *Fractal Concepts in Surface Growth* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1995).
3 A. A. Chernov, Sov. Phys. USP, **4**, 116–148 (1961). T. Nishinaga, C. Sasaoka, and A. A. Chernov, Ed. I. Sunagawa, *Morphology and Growth Unit of Crystals* (Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 1989) pp. 139–151.
4. N. Akutsu, Applied Surface Science, **256**, 1205–1209 (2009); J. Phys. Condens. Matter, **23**, 485004

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

(2011).
5. N. Akutsu and T. Yamamoto, ed. T. Nishinaga, *Handbook of Crystal Growth*, Vol. I. (Elsevier, 2015) pp. 265–313.
6. N. Akutsu, “Profile of a Faceted Macrostep Caused by Anomalous Surface Tension,” Adv. Cond. Matter Physics, 2017, Article ID 2021510 (2017); AIP Adv., **6**, 035301 (2016).
7. N. Akutsu, Crystals **7**, 42 (2017); Phys. Rev. Materials **2**, 023603 (2018).

Fig. 1 Cross section of the Wulff figure and the equilibrium crystal shape (ECS). Thin solid lines: ECS. Thick solid lines and filled squares: polar graph of surface tension. (a) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. (b) $k_BT/\varepsilon = 0.63$. Light thin solid lines: polar graph of surface tension for metastable surfaces. (c) $k_BT/\varepsilon = 0.75$. (d) $k_BT/\varepsilon = 0.4$. The original RSOS model. The figures are taken from Ref. [6].

キーワード：モンテカルロ・シミュレーション、結晶の不連続な表面張力、表面自由エネルギー、密度行列繰り込み群法、ファセット化したマクロステップ
Keywords: Monte Carlo simulation , Discontinuous surface tension of crystal, Surface free energy, Density-matrix renormalization-group method, Faceted macrosteps



©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

光学手法を用いた天然雪のその場観察
In-situ observation of natural snow crystals by optical techniques

*木村 勇気[1]、山﨑 智也[1]、真木 孝雄、古川 義純[1]
*Yuki Kimura[1], Tomoya Yamazaki[1], Takao Maki, Yoshinori Furukawa[1]

1. 北海道大学低温科学研究所
1. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Natural snow crystals excite our interest because of several reasons such as its beautiful geometry, its symmetricity and variety. Relationship between geometry of snow crystal and its formation environment (temperature and humidity) was investigated by Ukichiro Nakaya and has been well known as Nakaya diagram. After that, the reason of why snow crystal changes their geometry, such as platy, needle and column, with slight difference of temperature and humidity, and the growth mechanisms have been studied [e.g., Sanchez et al. *PNAS* 114 (2017) 227; Brumberg et al., *PNAS* 114 (2017) 5349]. Nevertheless, there are several questions have been remained. For instance; origin of twelve-fold snow can be explained not only by a twin but by contribution of secondary prism plane; and origin of characteristic pattern can be appeared not only by intrinsic defects but also by a result of growth.

To understand snow crystals more, we have performed in-situ observation of natural snow crystals and its sublimation/regrowth experiments in an environment controllable cell under originally designed optical systems at the base of Asahi-dake in the Taisetsu area, Hokkaido, Japan for 15 nights in total for five winter seasons from 2015 to 2019. The environment controllable cell has a Peltier cooling unit, which has a water vapor source with a heater and a chromel-alumel thermocouple on top, windows for optical observation, capillary to handle a snow crystal and a platinum resistance temperature detector for temperature measurement of the cell. The optical systems consist of the modified Mach–Zehnder-type interferometer (Maki-type laser interferometer), the Michelson-type white-light interferometer microscope with a long working distance, the optimized color-filtered optical microscopes, a polarized optical microscope and so on.

We set the optical systems in a snow-lab, which is a handmade igloo-like snow room, also works as a good sound and vibration absorber. Temperature in the Taisetsu area and inside the snow-lab are around -10 to -20°C and -5 to -13°C, respectively. Higher temperature in the snow-lab than outside is due to observers and experimental systems. One advantage of the snow-lab is maintaining the humidity close to 100% because all the walls of the snow-lab have been made of snow.

We collected snow crystals directly on a black felt just outside the snow-lab and selected a snow crystal, which was put onto a glass plate for general observations of the shape and surface textures. A snow crystal is also put onto a tip of a glass rod of 1.4 mm in diameter for the Maki-type laser interferometer. Rates for sublimation and regrowth of a snow crystal were successfully measured in thickness and lateral direction simultaneously at a certain environment, where supersaturation was controlled using the

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

environment controllable cell. In addition, surface topography of both surfaces of a snow crystal, which was put onto a Y-shaped metallic holder, could be observed using the Michelson-type white-light interferometric microscope. Here, we will summarize our attempts of these in-situ observations and the results.

Acknowledgments: We thank Y. Sato, Y. Hirata, S. Nakatsubo, K. Fujita and S. Mori of the Technical Division in the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, for their help in the development of the experimental system. This study was supported partly by the Grant for Joint Research Program of the Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University.

キーワード：雪、その場観察、干渉計、光学顕微鏡
Keywords: Snow, In situ observation, Interferometry, Optical microscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

蛍光プローブによる炭酸塩鉱物の形成/溶解場の2次元可視化
Visualization of local environment around forming/dissolving carbonate minerals with the fluorescent probe

*川野 潤[1]、大澤 康太朗[2]、豊福 高志[3,4]、長井 裕季子[4,5]、田中 淳也[6]、永井 隆哉[1]
*Jun Kawano[1], Kotaro Osawa[2], Takashi Toyofuku[3,4], Yukiko Nagai[4,5], Jun-ya Tanaka[6], Takaya Nagai[1]

1. 北海道大学大学院 理学研究院、2. 北海道大学　理学部、3. 海洋研究開発機構、4. 東京海洋大学、5. 国立科学博物館、6. 北海道大学大学院　理学院
1. Faculty of Science, Hokkaido University, 2. School of Science, Hokkaido University, 3. JAMSTEC, 4. Tokyo University of Marine Science and Technology, 5. National Museum of Nature and Science of Tokyo, 6. Graduate School of Science, Hokkaido University

To understand the formation or dissolution mechanism of crystal in aqueous solution, it should be important to analyze the local condition of solution just around dissolving or growing crystal. Recently, we have succeeded to visualize the distribution of pH and ionic concentration around carbonate minerals dissolving in inorganic environment, by using the fluorescent probe. In the present study, we have tried to apply this technique to the formation process of calcium carbonate.
Calcium carbonate was synthesized by the counter diffusion method, in which calcium chloride and sodium carbonate solutions were counter-diffused through an agarose gel matrix containing the fluorescent probe like 8-hydroxypyrene-1,3,6-trisul-fonic acid (HPTS). We observed under a microscope that pH in the middle part of gel first increased gradually with time and turn downward after crystals formed. The counter diffusion method with gel media for the carbonate synthesis has attracted attention as a valid tool in the study of biomineralization because the calcification sites in some organisms were recently suggested to have the features of a highly viscous sol or gel matrix. Therefore, the detail observation of the local condition around forming calcium carbonate in gel matrix could provide new insights into the knowledge of biomineralization mechanisms.

キーワード：可視化、炭酸塩鉱物、pH
Keywords: Visulization, carbonate minerals, pH

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ノルセサイトBaMg(CO)の結晶化における硝酸アンモニウム添加の効果
Influence of Ammonium Nitrate on Crystallization of Norsethite from Aqueous Solution

*越後 至[1]、麻川 明俊[1]、畝田 廣志、小松 隆一[1]
*Itaru Echigo[1], Harutoshi Asakawa[1], Hiroshi Uneda, Ryuichi Komatsu[1]

1. 山口大学大学院創成科学研究科
1. Graduate School of Science and Technology for Innovation Yamaguchi University

ノルセサイト$BaMg(CO_3)_2$は従来の圧電結晶や光学結晶より高い複屈折を示すため、ノルセサイトは新たな音響光学素子や波長変換素子として利用できると期待することができる。しかしながら、ノルセサイトは溶解度が低く、過飽和度の制御が容易ではないため、ノルセサイトの育成は難しい。本研究では、ノルセサイトの溶解度の改善をめざし、ノルセサイトの結晶化に及ぼすNH_4NO_3の添加の効果を調べた。ノルセサイトの溶解度は純水へのNH_4NO_3の添加量が増加するにつれて増加した。またNH_4NO_3の添加量が1Mに達すると、ノルセサイトの溶解度は無添加の場合の約30倍まで向上し、その後、頭打ちとなった。次に、70°Cで生成した。沈殿物を粉末XRD測定すると、1MのNH_4NO_3を添加した場合のみ、混合直後にノルセサイトの回折ピークが検出された。この結果よりNH_4NO_3の添加によりノルセサイトの結晶化は加速することが明らかになった。以上より、我々はNH_4NO_3の添加はノルセサイトの育成に有効と結論付けた。

キーワード：ノルセサイト、水溶液成長、硝酸アンモニウム
Keywords: Norsethite, Aqueous Solution Growth, Ammonium Nitrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高アルカリ条件下の圧縮ベントナイトからのゼオライト核形成の直接観察
Direct observation of zeolite nucleation from compacted bentonite under hyperalkaline condition

*佐藤 久夫[1]、高沢 真由美[2]、林 大介[3]、井田 雅也[3]
*Hisao Satoh[1], Mayumi Takazawa[2], Daisuke Hayashi[3], Masaya Ida[3]

1. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター那珂エネルギー開発研究所、2. 三菱マテリアル株式会社エネルギー事業センター、3. 原子力環境整備促進資金管理センター
1. Naka Energy Research Laboratory, Mitsubishi Materials Corporation, 2. Mitsubishi Materials Corporation, 3. Radioactive Waste Management Funding and Research Center

Since dissolution issue of smectite arose on engineered barrier system using bentonite (absorbent clay from shale consisting mostly of smectite) for radioactive waste repository for past several decades, smectite studies are focusing on (1) dissolution kinetics [1, 2], (2) hydraulic property of smectite in various states (gel to compacted [3]) and (3) alterations into the other clay and zeolites [4]. Former two issues are closely related to undersaturation of pore water and reactive surface area of smectite grains as a function of density. As the result, the pore water produced from locally dissolved smectite can gain the supersaturation with respect to potential secondary phases. The third one, the alteration, can finally lead the total thermodynamic system to the next equilibrium state consisting of secondary phases.

For understanding the alteration, we had carried out direct observation on pure montmorillonite and bentonite composed of montmorillonite, quartz and albite with or without minor amount of zeolite additive under Na, K and Ca hydroxide solution at 70 ˚C (pH 12.1) [2]. Two methods were used: (1) interferometric measurement of montmorillonite dissolution [2, 5]; (2) direct optical observation of new precipitations. The former gave the rate as a function of density, the latter provided information about nucleation. Sooner or later, the pore water likely attained to local equilibrium, as long as solution flow is limited by compaction.

Differed from previous result, dissolution of pure montmorillonite in the rates varied from 1E-9 (density < 0.01) to 1E-13 mol/m^2/s (density > 1.2) [2] did not always derive precipitation of secondary phases. However, the system, bentonite was not the case. Bentonite especially with minor amount of zeolite caused prominent nucleation of secondary zeolite after a long induction period (weeks) after solution-flow was shut-off.

This alteration behavior could be interpreted with heterogeneous nucleation model. Interfacial free energy, $\gamma_{S/L}$ between secondary phases and alkaline solution was evaluated by wetting angle measurements. There are two end-members such as low and high silica zeolite, those are analcime (ANA: $NaAlSi_2O_6$; Si/Al = 2.0) and clinoptilolite (CLP: $(NaKCa)_3Al_3Si_{15}O_{36}$; Si/Al = 5.0). Their $\gamma_{S/L}$ were measured to be and 50.54 and 71.31 mJ/m^2, respectively. Chemical equilibrium calculation predicts that CLP is the most stable phase in this reaction system. Microanalyses, however, identified the product as phillipsite (PHI: $(NaKCa)_4Al_4Si_{12}O_{32}$; Si/Al = 3.0) as intermediate composition between CLP and ANA or laumontite (LAU: $CaAl_2Si_4O_{12}$: Si/Al = 2.0). When PHI was seeded to the bentonite system, secondary zeolite was PHI. Also, the observed induction periods (Inl) mostly correlate with supersaturations ($1/S^2$). However, the I sometimes became longer than that by CLP seeding. Seed crystal with higher $g_{S/L}$ such like CLP has lower solubility and likely promotes PHI nucleation more than CLP itself. Fast PHI nucleation by CLP-seeding was an unusual. Direct observation could give us an interesting information. During the early observation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

in the presence of CLP seed recognized two-step process in which spherical objects were growing in ten times faster rate (5.6E-3 nm/s) than the later phase evolving to faceted (5.1E-2 nm/s). This may have contributed to shortening the induction. Such an amorphous phase is often observed especially at room temperature reaction.

This research is a part of the results of “Advancement of Processing and Disposal Technique for the Geological disposal of TRU Waste (FY2017)” under an entrustment from the Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) in the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan.

[1] Cama et al. (2000) GCA, 64, 2701-2717; [2] Satoh et al. (2013) Clay Min., 48, 285-294; [3] Terada et al. (2018) Mat. Res. Exp., 6, 035514; [4] Dunkel and Putnis (2014) Eur. J. Min., 26, 61-69; [5] Ueta et al. (2016) J. Nuc. Sci, Tech., 53, 184-191.

キーワード：モンモリロナイト、ゼオライト、核形成、非晶質
Keywords: Montmorillonite, zeolite, nucleation, amorphous

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_25

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] リュウグウ母天体の水-岩石反応

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1]
*Takufumi Chida[1,2], Yasuhito Sekine[1], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Observations of lakes, surface modification by fluvial activities, and cloud formation all indicate that Saturn’s moon Titan has the only active hydrological cycles known besides Earth [1]. Hydrocarbons such as methane and ethane condense out of a nitrogen-rich thick atmosphere, and precipitate onto the surface [1]. Methane observed in the atmosphere is continuously destroyed and lost by processes such as photolysis and direct escape [1]. Thereby, the persistence of the methane in the atmosphere is dependent on the availability of a hidden methane reservoir, resupplying the lost methane from the surface [1]. Quantifying the volume of the potential sources of methane resupply is one of the key questions of Titan’s hydrological cycles [1].

Previous studies on remote-sensing observations of Titan’s surface show that the elevations of some lakes and seas located near the north pole are constant from summer to early winter (corresponding to several Earth’s years) within the observational errors, implying a connection with a mutual ground-methane table [2]. The preference of clouds at mid-latitudes over high-latitudes suggests that while surface methane is only observed at high latitudes, there may be a significant subsurface methane table at mid-latitudes that is available for exchange with the atmosphere [3]. The influence of subsurface flow on the hydrological cycle has been studied using a two-dimensional (2D) hydrological model, which treats the subsurface as one box at each location [4]. Thus, the 2D models cannot determine the subsurface hydraulic connection among lakes and oceans. They also cannot quantify the total volume of the subsurface methane reservoir, therefore being unable to estimate the extent of the methane-based hydrological cycles.

Here, we calculate the methane-based hydrological cycles using a surface-subsurface coupled three-dimensional hydrological simulator “GETFLOWS”. GETFLOWS calculates surface and subsurface flows in a three-dimensional corner-grid blocks using Darcy’s law, law of mass conservation, and Manning’s equation. The main input parameters are (1) topography, (2) precipitation and evaporation rates, (3) permeability and porosity of the subsurface, and (4) levels of ground-methane table (i.e., the total methane volume in the subsurface). The topographic data was derived by interpolating the data obtained from the Cassini RADAR using the inverse distance weighting method [5]. The precipitation and evaporation data were applied from previous calculation results using general circulation model (GCM), which show good agreements of cloud formation and distribution with the observations [3,6]. The porosity and permeability values were estimated from the observations of the size of the icy grains on Titan’s surface [7]. Using this model, we constrain the ground-methane table through reproducing the size and distribution of the lakes and oceans on Titan’s surface as well as seasonal changes in their elevation. We discuss (1) whether the lakes and seas in the north-pole regions are hydraulically connected to the groundwater table, (2) what volume of subsurface liquid methane is active in the hydrological cycles, and (3) whether there is a subsurface transport of methane from the high to the low latitudes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] Hayes et al., (2018) Nat. Geosci., 11, 306-313

[2] Hayes et al., (2016) Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 44, 57-83

[3] Turtle et al., (2018) Geophysical Research Letters, 45, 5320-5328

[4] Horvath et al., (2016) Icarus, 277, 103-124

[5] Corlies et al., (2017) Geophysical Research Letters, 44, 11, 754-11,761

[6] Faulk et al., (2017) Nat. Geosci., 10, 827-831

[7] Brossier et al., (2018) JGR Planets, 123, 1089-1112

キーワード：タイタン、メタン循環
Keywords: Titan, Methane-based hydrological cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1]
*Ryusuke Nishitani[1], Atsushi Tani[2], Sho Sasaki[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻
1. Department of Earth and Space Sciences, School of Science, Osaka University, 2. Graduate School Human Development and Environment, Kobe University

Investigation of Enceladus plume by Cassini spacecraft showed not only the existence of a subsurface ocean but also ocean included some salts. On the earth, it is known that sea ice includes brine into grain boundary. Similarly, icy shell of Enceladus seems to include sea water. Inclusion of sea water could cause partial melt in icy layer and could affect the geology and thermal evolution. Cox and Weeks (1975) showed that the effective partition coefficient, the ratio of concentration of sodium chloride in formed ice to that in residual liquid, depended on ice growth velocity. While, Gross et al., (1977) reported forced convection made partition coefficient low. To quantify the amount of brine included into icy shell under various condition, we investigated a partition coefficient of sodium chloride to ice by experiment and simulation.

As an experimental apparatus, unidirectional growth method used by Muraoka et al., (2016) was applied. With this method, plate-like ice can be formed in a cell and growth velocity can be controlled by controlling temperature. Ice was formed at a speed between cm/s in 5 % sodium chloride solution. As a result, effective partition coefficient of sodium chloride to ice was 1 approximately at all ice growth velocity.

To evaluate this value, ice growth in sodium chloride solution was simulated by voronoi dynamics simulation suggested by Kawano and Ohashi (2008). When ice grew under the same condition with the experiment, effective partition coefficient was 1 approximately. Next, we introduced Sherwood number into the simulation. It was found that higher Sherwood number made the effective partition coefficient lower. These results indicate that effective partition coefficient reflects condition of convection. When ice grow velocity is faster than diffusion of sodium chloride, effective partition coefficient is near 1. Since convection was not occur in this experiment, the effective partition coefficient was near 1.
In subsurface ocean of Enceladus, effective partition coefficient might be low due to convection, but in crack like tiger stripe, effective partition coefficient might be high because ice growth velocity seems to be high.

キーワード：エンセラダス、ブライン、有効分配係数
Keywords: Enceladus, brine, effective partition coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3]
*Shuya Tan[2,1], Yasuhito Sekine[2], Tetsuya Hama[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, the University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The ice-rich surface of Europa is known to be irradiated with high-energy particles, such as electron, accelerated by the Jovian strong magnetic field (e.g., Paranicas et al., 2009). The high-energy particle irradiations could have caused particular chemical reactions on the surface, possibly including dissociation of H_2O and subsequent oxidation of surface salts, such as chlorides and sulfates/sulfides (e.g., Carlson et al., 2009; Hand et al., 2011). In addition, sputtering of the surface ice and salts by high-energy particles is proposed to be a major source of the tenuous atmosphere on Europa (e.g., Johnson et al., 2009; Brown and Hill, 1999). However, the detailed chemical reactions on Europa’s surface have been poorly constrained.

Here we construct a novel experimental system for irradiation of electron onto ice and salt (e.g., chloride: NaCl and $MgCl_2$) mixtures at low temperatures. Laboratory experiments on electron irradiation onto NaCl salt have been conducted at low temperatures corresponding to Europa’s surface (e.g., Hand and Carlson, 2015). However, no experiments have been performed to simulate the irradiation of electron onto ice and salt mixtures on Europa. Upon electron irradiation onto ice and chloride mixtures, chloride may be oxidized into perchlorate salts. If the surface materials are provided into the subsurface ocean through crustal recycling (e.g., Hand et al., 2007), perchlorate would become an important oxidant to generated redox disequilibria in the ocean. We report preliminary results on the electron irradiation experiments using the newly-constructed system.

キーワード：照射実験、エウロパ、化学進化
Keywords: Irradiation experiment, Europa, chemical evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リュウグウ母天体の水-岩石反応
Water-rock reactions in the parent body of Ryugu

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5]
*Takazo Shibuya[1], Yasuhito Sekine[2], Sakiko Kikuchi[1], Keisuke Fukushi[3], Tomoki Nakamura[4], Sei-ichiro WATANABE[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京工業大学、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. Nagoya University

The recent remote-sensing observation by Hayabusa2 is providing a large amount of data to unravel the origin of Ryugu. The Near Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Haybusa2 revealed that the IR reflectance of the global surface of Ryugu is extremely low (~0.02) and the spectra include small but clear absorption at 2.72 μm. These findings indicate the great abundance of dark materials and the subordinate amount of hydrous minerals in the surface, respectively. These materials on Ryugu are important clues to constrain the conditions of aqueous alteration such as the temperature experienced by the parent body and the original volatile compositions during accretion stage. In this work, we conducted thermodynamic modeling of chondrite-water reactions under various conditions to establish a model explaining the aqueous alteration of the parent body. In the thermodynamic calculations, a mean composition of CV chondrites was assumed for the initial bulk rock (minor amount of carbon, nitrogen and chlorine are also included) (Pearson et al., 2006; Clay et al., 2017). For the initial fluid, four cases were assumed; CO_2 concentration is 0, 1, 3 and 10 mol% (Cases 1–4, respectively) relative to water while the latter three cases also include NH_3 (0.5%) and H_2S (0.5%) additionally (Mumma and Charnley, 2011). The equilibrium temperature and pressure were assumed to be 0, 100, 200, 300 and 350 ˚C, and vapor pressure of water. In the calculations, pyrene was considered as a representative of polycyclic aromatic hydrocarbon while C1 compounds except CH_4 were included as soluble species (Zolotov, 2012).
The calculations showed that stabilities of hydrous/anhydrous minerals, carbonate, pyrene change with temperature and W/R value. In Case 1 (CO_2-free), the altered chondrite consists of serpentine, troilite and subordinate amount of hydrous/anhydrous minerals (e.g., magnetite, saponite, gibbsite and chlorite) at 0–300 ˚C. However, with increasing temperature above 300 ˚C, olivine and clinopyroxene become major phases as the amounts of serpentine, chlorite and magnetite decrease. At 350 ˚C, olivine becomes the most abundant minerals in conjunction with disappearance of serpentine. Similar temperature dependencies of hydrous mineral stabilities were also shown at low W/R in Cases 2–4 (CO_2 =1–10%) whereas carbonate is predominant at high W/R. Although the total amount of hydrous minerals in the surface of Ryugu is still unconfirmed, the calculation results suggest that the temperature of hydrothermal reactions experienced by Ryugu is lower than approximately 300 ˚C if a certain amount of hydrous minerals are present in the surface rocks. In contrast, if the amount of hydrous minerals is relatively small, higher temperatures (>350 ˚C) may account for the observed IR spectra. In this case, the parent body may have undergone high-temperature hydrothermal reactions that could occur in relatively large body. Otherwise, it is also possible that the parent body underwent instantaneous high-temperature events such as impacts after the aqueous alteration.Regarding the discriminating darkness of Ryugu, pyrene and/or magnetite are considered as the abundant dark materials on the surface of Ryugu in the predicted alteration minerals (pyrene is not dark by itself but can be altered to dark organic matter through geologic time). Especially, pyrene can be consolidated through reduction of CO_2in Cases 2–4 because of water-chondrite reactions generate abundant H_2. These solid phases are minor or absent at high W/R where carbonate is predominant but the sum of them exceeds several % at low W/R because

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

water-chondrite reactions at low W/R generate abundant hydrogen. Therefore, the results indicate that the altered chondrites broadly become darker with decreasing W/R. However, if the water-chondrite reactions start under H_2-rich condition, the CO_2 in the fluid would be effectively reduced to form organic materials (Cases 2–4) even at high W/R, which also potentially contribute the low reflectance of Ryugu.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

STXMによるALH 77307中の有機物分析
Investigation of the organic matter in ALH 77307 by STXM

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1]
*Hiroki Suga[1], Motoo Ito[2], Yoko Kebukawa[3], Matthew A Marcus[4], Takuji Ohigashi[5], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 横浜国立大学 大学院工学研究院、4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5. 分子化学研究所　極端紫外光施設
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 3. Faculty of Engineering, Yokohama National University, 4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory, 5. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science

Organic matter (OM) is one of the most important building blocks of the solar system, it contributes to the planetary evolution and relates to the origin of life. The primitive OM is preserved in the carbonaceous chondrites (CCs), comets, and interplanetary dust particles. However, it is difficult to understand that what is the primitive OM (*e.g.,* information of it such as chemical composition and occurrence). Therefore, various candidates and formation process of OM has being discussed still. Here, we focused on the one of the most pristine CCs, ALH 77307 (petrological type 3.03: less altered). Primitive OM in its matrix and chondrule rim phases were explored using X-ray microscopic analysis. The aim of this study is to find primitive OM in the most primitive CCs.

First, matrix and chondrule rim phases were identified by SEM-EDS elemental imaging. Then, the ultra-thin section of matrix and chondrule rim were prepared using FIB system in the Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, prepared ultra-thin sections were analyzed by STXM installed BL4U in IMS UVSOR and beamline 5.3.2.2 in ALS LBNL to investigate OM distributions and their functional groups composition of C, N, and O.

As a result, we found two types of OM in both matrix and chondrule rim. These OM showed the same functional groups composition (aromatic C: C=C, ketonic C: C=O, carboxylic C: C=O[-HO], and graphitic layer structure: C-C) and different functional groups ratio. OMs in the chondrule rim were surrounded the aqueous alteration related secondary minerals such as iron hydroxides and carbonates. Although it was suggested that OM in the chondrule rim have the functional groups composition which related to aqueous alteration (*e.g.,* hydroxyl and aliphatic compounds), these functional groups related peaks could not be identified. Therefore, it was suggested that OM preserved original (before the accretion of the matrix and chondrule rim) information and secondary minerals origin were also before the accretion. From these characteristics, two types of OM in matrix and chondrule rim phase may have different origins such as nanoglobules and primitive insoluble OM (or insoluble OM-like nanoglobules reported in De Gregorio et al., 2013).
In this study, we succeeded in the *in-situ* observation (occurrence-preserved OM analysis with FIB system) to clarified that the original occurrence and functional groups of tow primitive OMs in ALH77307. As for the future plan, H-, C-, N-, and O-isotopic characteristics of these two OMs and carbonates are going to be analyzed by NanoSIMS in Koch Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, OMs and secondary minerals morphology will be investigated by TEM in the University of Tokyo.

キーワード：ALH77307、STXM 、Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: ALH77307, STXM, Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2]
*Akira Igarashi[1], Tomoki Nakamura[1], Shingo Kameda[2], Keiichi Moroi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 立教大学理学研究科物理学専攻
1. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 2. Department of Physics, Faculty of Science, Rikkyo University

Ultraviolet (UV) reflectance spectra (200-400nm) of carbonaceous chondrites provide new information on organic matters in C-complex asteroids [e. g., 1], but interpretation of UV reflectance spectra of carbonaceous chondrites are not well established [1–3] because of very low reflectivity of the meteorites and the lack of best-suited standards in the UV region.
In this study, we developed a UV spectrometer and made selection of the best-suited standard material for calibration. High sensitivity is required for the spectrometer, because primitive meteorites such as carbonaceous chondrites are very dark in the UV wavelength region. The detector is an Ocean Optics Maya2000 PRO that has sensitivity in a range from 165 to 620 nm and spectral resolution of 0.035–0.68 nm. Light source is Hamamatsu Photonics Deuterium lamp (H2D2 light source unit) L11799 that has intensity in a range from 160 to 400 nm with atmospheric UV-radiation. We set a light source, meteorite sample, and a detector with minimum distance each other with a phase angle of 30 degrees. We tested and evaluated a wide variety of natural and artificial materials as a candidate for a reflectance standard, including $BaSO_4$, CaF_2, and Quartz, in a way similar to those described in [2]. The results of the test measurements suggest that Quartz powder is the best standard in the ultraviolet region, because it shows relatively flat spectrum compared with the other candidates.
For preliminary measurements of carbonaceous chondrites, we measured hydrated and partially- or completely dehydrated CM chondrites (Murray, Murchison, Yamato (Y-) 793321, Jbilet Winselwan, Murchison heated at 600˚C, Belgica (B-) 7904, Y86720). They are classified to heating stages I-IV (stage IV is the highest heating degree) based on mineralogical evidence [4]. They were crushed into a powder with <77 or <155 μm in size and used for spectral measurements. The results show that overall UV reflectance decreases from stage I to II, but increases with increasing heating stages from II to IV, whereas spectral slope in the 200-400nm region decreases with increasing heating degree. These changes are consistent with those observed in [1] and probably attributed to graphitization of IOM (Insoluble Organic Matter) in carbonaceous chondrites with increasing heating temperature.

References: [1] Applin, D.M. et al. (2018) Icarus, 307, 40-82. [2] Cloutis E.A. et al. (2008) Icarus, 97, 321-347. [3] Trigo-Rodriguez J.M. et al. (2014) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437, 227-240. [4] Nakamura, T. (2005). Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 100(6), 260-272.

キーワード：紫外反射スペクトル、炭素質コンドライト
Keywords: ultraviolet reflectance spectra, carbonaceous chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

A coupled experimental and thermodynamic study of chondrite-water interaction under anoxic condition

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1]
*Sakiko Kikuchi[1], Takazo Shibuya[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The presence of hydrous minerals in chondrites have been considered as an important evidence for the former presence of liquid water in parent bodies. However, the detailed evolutionary history of parent bodies (e.g., temperature fluid composition and water/rock ratio) are still poorly constrained, because the alteration processes of chondritic rock are not well defined and very few relevant experimental data are available. Here we investigate alteration process of chondrites by experiments simulating reactions between synthetic chondrite (mixtures of olivine, pyroxene, glass, Fe_{metal}, and troilite) and NH_3-containing solutions at 25 and 80 ˚C under anoxic conditions. We also compared the experimental results with those predicted from thermodynamic calculations to understand the equilibrium and kinetic conditions of chondrite-water interaction.
The experiments up to 7 months showed that the water-rock reactions caused a series of mineral alterations and production of H_2(aq), especially at 80 ˚C. X-ray diffraction analysis revealed that the formation of pyrrhotite was notable during the first few days in the experiment, which was likely resulted from the dissolution of troilite. In contrast, precipitation of saponite was evident after 100 days in the experiment, which was probably caused by the dissolution of Si-rich glass in the synthetic chondrites. Transmission electron microscope observation revealed that the saponite and secondary Si-rich amorphous phases densely covered the surface of the original olivine, glass, pyroxene, and troilite. These results imply that amorphous silica precipitated after the formation of pyrrhotite, followed by the precipitation of saponite. A part of these mineral assemblages obtained from our experiment was inconsistent with those predicted from the thermodynamic equilibrium calculations, suggesting that some metastable alteration minerals occur in the chondrite-water system before the complete equilibrium is achieved.

キーワード：コンドライト、サポナイト、ピロータイト
Keywords: chondrite, saponite, pyrrhotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

Two-dimensional numerical experiments on subduction initiation in oceanic lithosphere: Effects of rheological properties of hydrous minerals

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1]
*Miki Izumi[1], Masaki Yoshida[2], Ken-ichi Hirauchi[1]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Deep Earth Structure and Dynamics research, Japan Agency for Marine−Earth Science and Technology −JAMSTEC−

地球におけるプレートの沈み込みがどのように始まったのかということは未だわかっていない。沈み込み開始に関する数値シミュレーション実験の先行研究では、沈み込みを再現させるために既存の断層（弱面）の摩擦係数（μ）を約0に設定しているが、これは一般的な岩石・鉱物に用いられるバヤリー則の値（μ = 0.6〜0.85）と比較しても極端に小さく、現実的に定められた値ではない。ところで、プレートテクトニクスが起こっていない他の地球型惑星と地球の表層環境を比較すると、大きな違いとして海洋の有無が挙げられる。海水がプレート間の断層に沿って深部まで移動するとき、水と断層帯の鉱物が反応して力学的に弱い含水鉱物が形成されると考えられる。そこで本研究では、含水鉱物のレオロジー特性に注目し、地球の海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の2次元の数値シミュレーション実験を行った。その結果、弱面の力学的条件について含水鉱物であるアンチゴライトの流動則（転位クリープ）と滑石の摩擦係数（μ = 0.1）を考慮し、かつ異常間隙水圧（λ = 0.9）である場合にのみ、プレートの沈み込みが開始することがわかった。さらに、本研究のモデルにおける沈み込み開始可能な弱面の最大平均強度は5 MPa程度であることが示唆された。また、本研究のモデルでは、海洋リソスフェアがマントル深部まで沈み込む安定した沈み込みは起こらなかったが、これはプレートの沈み込み開始とその後のマントル深部への沈み込みにはそれぞれ別の効果が存在することを示唆している。

キーワード：プレートテクトニクス、沈み込み開始、含水鉱物、海洋リソスフェア、アンチゴライト、滑石
Keywords: plate tectonics, subduction initiation, hydrous mineral, oceanic lithosphere, antigorite, talc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1]
*Hiroyuki Kashima[1], Masahiro Yamamoto[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A prime consideration for habitability of planets and moons is to constrain available free energy provided in the environment that could support the extant life and/or could drive chemical evolution. On Earth, primary production of a biosphere have been considered to be supported by phototrophs and chemotrophs with light and chemical energy, but recent studies discovered prokaryotes defined as electrotrophs that are capable of using electrons provided by artificial electrodes as the sole energy source for cellular activities [1]. This suggests that electrical energy could support the formation and evolution of a biosphere, and requires us to consider electrical energy, in addition to light and chemical energies, provided at the environment to estimate the habitability.

Although we have not yet had direct evidence for an electrotrophic ecosystem in a natural setting, spontaneous electrical current through conductive minerals and microbial matrixes that could support a life have been observed in sea floor environments on Earth. A promising example for spontaneous electrical energy generation is the marine hydrothermal environments in which conductive mineral deposits chemically separate hydrothermal fluid and sea water. Studies demonstrated that a marine hydrothermal system being functioning as analogous to a fuel cell generating power where sulfide deposit couples electrochemical oxidation of sulfide in the hydrothermal fluid and reduction of dissolved oxygen in the sea water with its electrocatalytic activity and electrical conductance [2].

As moons in the Solar System such as Enceladus and Europa are suggested to possess oceans with hydrothermal activity, it is hypothesized that those hydrothermal systems also generate electrical energy that provide free energy capable of supporting a biosphere. The present study is to estimate potentials of electrical energy generation at hydrothermal systems in oceans of the Solar System with laboratory electrochemical model experiments reproducing hydrothermal systems. Namely, electrochemical characterizations were conducted by using electrodes covered by sulfide minerals simulating hydrothermal deposits with electrolytes simulating hydrothermal fluids and seawaters. This presentation discusses electrocatalytic properties and potential power production of simulated hydrothermal systems with results of voltammetry tests and fuel cell polarization tests.

References: [1] Kumar, A. et al., (2017) Nature Reviews Chemistry 1, 0024. [2] Yamamoto, M. et al., (2018) ChemElectroChem 5. 2162-2166.

キーワード：the Solar System、hydrothermal system、fuel cell model、habitability、electrical energy
Keywords: the Solar System, hydrothermal system, fuel cell model, habitability, electrical energy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義
Experimental study of abiotic nitrate reduction at a high temperature and high-pressure condition and implication for nitrogen chemistry in Hadean hydrothermal environments

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1]
*Manabu Nishizawa[1], Takuya Saito[1], Akiko Makabe[1], Takazo Shibuya[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Nitrogen is an essential element for life as a major component of biomolecules and electron donor/acceptor for energy metabolism. Currently, nitrogen cycle in surface environments is mainly driven by biological processes including nitrogen fixation, nitrification and denitrification. In contrast, little is known about nitrogen cycle in the pre-biotic Earth and its relation to chemical evolution. This study focuses on nitrate chemistry during water-rock interaction in deep-sea hydrothermal environments to understand the fate of atmospherically-derived nitrate in the Hadean ocean. In experiments, artificial seawater with nitrate was reacted with synthetic komatiite at 350oC and 500 bar. Our experiments show that a substantial amount of nitrate was reduced to ammonium in an experimental condition. This implies that the Hadean deep-sea hydrothermal vents may have been favorable for chemical evolution in that both electron acceptor for energy metabolism (nitrate) and reduced nitrogen for organic synthesis (ammonium) were continuously supplied to the hydrothermal fluid-seawater mixing zone.

キーワード：プレバイオ化学、窒素、深海熱水噴出孔
Keywords: prebiotic chemistry, nitrogen, deep sea hydrothermal vents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

300-500℃, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水-岩石反応への示唆
Interaction experiments between eucritic glass and 0.1 M NaCl aqueous solution at 300-500℃ and 1.5 kbar: Suggestions on water-rock interactions at the bottom of Europa’s subsurface ocean

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1]
*Makoto Nagasawa[1,2], Yutaro Takaya[1]

1. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Resources and Environmental Engineering, School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Europa, the second satellite of Jupiter, probably has subsurface ocean under its icy crust. The yellow-brown color of its leading anti-Jovian hemisphere could be explained by endogenous substances such as sodium chloride, which suggests the presence of hydrothermal activity (water-rock interaction) [Hand and Carlson, 2015]. In this study, we conducted water-rock interaction experiments to determine the mineral assemblage of altered rock on Europa’s mantle surface and to constrain the amount of available energy for sustaining the putative chemoautotroph-based ecosystems.

In our experiments, eucritic synthesis glass and 0.1 M NaCl aqueous solution were reacted at 300-500℃ and 1.5 kbar for 8, 16 and 32 days, using cold-seal type pressure vessels. The water/rock mass ratio was fixed at 1/1 in all the experiments (50 mg of powdered glass to 50 μL of NaCl solution). Solid products were analyzed by X-ray diffractometer and SEM equipped with EDS. Water chemistry of the reacted solution were determined by ICP-MS.

The mineral assemblages observed in our experiments were as follows.
・Fe-rich smectite (saponite), epistilbite and xonotlite at 300℃ and 1.5 kbar
・Fe-rich smectite (saponite), ferroactinolite, Ca-rich plagioclase and minor amount of magnetite at 400℃ and 1.5 kbar
・Mg-rich smectite, ferroactinolite, Ca-rich plagioclase, magnetite and hydroxyapatite at 500℃ and 1.5 kbar

The formation of magnetite at 400-500℃ suggests that these high-temperature water-rock interactions may generate hydrogen and sustain chemoautotroph-based ecosystems. As a future work, we would like to evaluate the hydrogen generation potential quantitatively.

キーワード：エウロパ、水-岩石反応
Keywords: Europa, Water-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性
Relationship between tellurium in the Fe-Mn oxides in the ocean and ambient seawater

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1]
*Yusuke Fukami[1], Teruhiko Kashiwabara[1], Hiroshi Amakawa[1], Takazo Shibuya[1], Akira Usui[2], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University

Marine ferromanganese crusts (Fe-Mn crusts) are Fe-Mn oxides widely distributed on the seafloor, and important materials for (paleo)oceanographic studies (e.g. Hein et al., 2014). Tellurium (Te) is one of the highly enriched elements in the Fe-Mn crusts by more than ten thousand times relative to that in the continental crusts (Hein et al., 2010). Variation of concentration and isotopic compositions of Te in the Fe-Mn crusts could be a potential indicator for changes in redox condition of seawater, because of two valences of Te in ocean environments (+4 and +6; Lee and Edmond, 1985). In this study, we performed the measurement for concentration and isotopic compositions of Te in the surface layer of the Fe-Mn crusts, which was in contact with ambient seawater. The results were compared with the depth profile of the dissolved oxygen in the sampling site. To investigate the relationship to ambient seawater, the Fe-Mn crusts were sampled from two seamounts located in the Northwest Pacific, which showed different dissolved oxygen profile, and analyzed for Te concentration and isotopic compositions of the surface layer.

The results show that the correlation between the Te concentration and isotopic compositions in the surface layer of the Fe-Mn crusts changes depending on water depths. With increasing depths, the Te concentration decreases more drastically at shallower water depths than at deeper water depths. Moreover, the surface samples from two seamounts show a difference in the water depths where the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts changes. The changes in the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts may correspond to the changes in the chemical state of Mn in conjunction with the changes in the dissolved oxygen concentration in ambient seawater. Therefore, the Te concentration in the Fe-Mn oxides potentially indicates the dissolved oxygen concentration in the marine environment. The Fe oxides and Mn oxides are observed on the surface of the Mars by recent observation of exploration vehicles (e.g. Lanza et al., 2016), and the trace elements in these oxides potentially provide the information of water environments when they are formed. In the presentation, the results of the measurement of Te in natural samples, and laboratory experiment for application to Fe-Mn oxides on Mars will be discussed.

キーワード：テルル、鉄マンガン酸化物、海洋環境、鉄マンガンクラスト、安定同位体
Keywords: tellurium, Fe-Mn oxides, ocean environment, Fe-Mn crusts, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験
Laboratory reproduction of earthquake faulting beneath the internal ocean of Enceladus

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2]
*Takehiro Hirose[1], Takazo Shibuya[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The discovery of the Na-rich ice particles erupting from the surface of Enceladus indicates the presence of hydrothermal activity in Enceladus' ocean. Knowledge of water chemistry of the interior ocean is crucial for exploring planetary habitability and life. Two different processes of water-rock interaction can define the water chemistry in Enceladus' ocean: one is the static chemical interaction at the hydrothermal regions over geological timescale, and the other is the dynamic chemical interaction associated with seismogenic faulting induced by tidal force between Enceladus and Saturn or neighboring satellites. In this study, we focus on the later short-time disequilibrium interaction between water-rock during faulting. By using high-velocity friction experiment, we plan to reproduce faulting processes that are expected to occur in the interior of Enceladus, and then evaluate quantitatively the effect of the disequilibrium interaction during faulting on the water chemistry of the interior ocean. In the poster, we will present outline of the apparatus and pilot results of the experiments using San Carlos olivine and synthetic chondrite as starting materials.

キーワード：エンセラダス、地震断層、熱水
Keywords: Enceladus, earthquake faulting, hydrothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？ータイタンとガニメデの二分性の起源

Why does Titan have an atmosphere, and why not Ganymede?—The origin of Titan-Ganymede dichotomy

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3]
*Yasuhito Sekine[1], Yuhiko Aoyama[2], Masahiro Ikoma[2], Takayuki Tanigawa[3]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 一関工業高等専門学校総合科学
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology, 2. Dept. of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo, 3. Section of Liberal Arts and Sciences, National Inst. of Tech., Ichinoseki College

One of the long-standing issues in planetary science is why Saturn’s moon Titan possesses a thick atmosphere and why Jupiter’s moon Ganymede not. These satellites are similar in size and mass; however, only Titan has active surface environments, characterized as a thick N_2 atmosphere and liquid CH_4 cycles. Since Titan’s atmospheric N_2 originates from NH_3 (Niemann et al., 2005; Sekine et al., 2011), the building materials of Titan may have contained both NH_3 and CH_4 ices in addition to H_2O ice. Previous studies hypothesized that no condensation of NH_3 and CH_4 would have occurred in the circum-Jovian disk since proto-Jupiter might have formed in a relatively warm region of the protoplanetary disk (e.g., disk temperature > 100 K) (Lunine and Stevenson, 1982). However, recent disk models show that even at a few au, the disk temperature would have become sufficiently low (i.e., < 100 K) to form NH_3 and CH_4 ices in the disk (e.g., Dodson-Robinson et al., 2009; Oka et al., 2011), thereby calling for a new explanation. Here we show that gas and solids infalling onto massive proto-Jupiter would have experienced extensive shock heating (~10^4 K) upon accretion. The shock heating is sufficient to dissociate primordial NH_3 and CH_4 to thermochemically stable N_2 and CO, which cannot condensate in the circum-Jovian disk due to their low condensation temperatures. On the other hand, dissociation of NH_3 and CH_4 proceeds only incompletely upon accretion onto less massive proto-Saturn. Accordingly, the building materials of Saturn’s icy moons contain abundance of survived NH_3 and CH_4 as ices. We suggest that giant planet’s mass is a critical factor to determine the chemical compositions, surface environments, and potential habitability of the icy moons.

Dodson-Robinson et al. (2009) Icarus 200, 672
Lunine and Stevenson (1982) Icarus 52, 14
Niemann et al. (2005) Nature 438, 779
Oka et al. (2011) Astrophys. J. 738, 141
Sekine et al. (2011) Nature Geosci. 4, 359

キーワード：氷衛星、惑星大気、惑星形成
Keywords: icy satellite, planetary atmosphere, planetary formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

Development of observation system of gas hydrate forming in the environment simulated near the bottom of icy shell in icy bodies (2)

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1]
*Atsushi Tani[1], Kenshiro Moriyama[1]

1. 神戸大学　大学院人間発達環境学研究科
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Gas hydrates are clathrate compounds where hydrogen-bonded water cages include a guest gas molecule. Methane hydrate is one of famous gas hydrates because it is naturally found in deep-sea and permafrost sediments on the Earth. Gas hydrates would exist in icy bodies as well. One of the candidates is Pluto where the presence of subsurface ocean is suggested. Gas hydrates may exist between the ice shell and subsurface ocean and play an important role as insulator to keep warm inside. The presence of subsurface ocean is also suggested in some icy satellites like Enceladus. INMS (Ion and Neutral Mass Spectrometer) aboard the Cassini spacecraft has investigated composition of the plumes there that includes H2O (< 90 %), CH4, CO2, NH3, and other various organic materials. These results could reflect the composition of the subsurface ocean and imply the presence of clathrate hydrates in the ocean. Density of gas hydrates depends on guest gas molecules. For example, methane hydrate is lighter than the water, whereas CO2 hydrate is heavier. If CO2 hydrate forms at the bottom of the icy shell, the average density may become large and the ice (water ice + CO2 hydrate) may start to sink locally. If the size of each gas hydrate become small and granular gas hydrates exist in subsurface ocean, heat can be transfer by not only thermal conduction but also convection. This means that icy bodies may be cooled faster. To elucidate how gas hydrates form in the subsurface ocean in icy bodies, we have developed the observation system of gas hydrate formation and dissociation below the ice sheet. In the presentation, we report the progress of the observation system.

キーワード：氷天体、ガスハイドレート、結晶成長
Keywords: icy bodies, gas hydrate, crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1]
*Naoki Noguchi[1]

1. 徳島大学大学院産業理工学研究部
1. Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Non-water ices such as solid N_2, CO, CO_2, CH_4, and clathrate hydrates are a main constituent of the surfaces and crusts of the icy bodies. Understanding rheological properties of them are essential to understanding the dynamics including thermal convection, flow of glacier, and relaxation of topography. Several researchers investigated the rheological properties of them directly by low-temperature deformation experiments: solid N_2, CH_4 (Yamashita et al. 2010), CO_2 (Yamashita and Kato 1997, Durham et al. 1999), and CH_4 clathrate hydrate (Durham et al. 2003). They revealed the viscosities and plastic deformation mechanisms with a stress exponent of $n > 2$ in the range of 0.1 −100 MPa. However, the deformation experiment at low-stress conditions below 0.1 MPa is technically very difficult. The extrapolation of the plastic-flow law under their mechanisms to the low stress conditions may give an overestimate for the viscosity, because the diffusion creep can dominate in the low stress conditions below 0.1 MPa Under the diffusion creep regime, the viscosity behaves as Newtonian fluid, and is sensitive to the grain size. Although the viscosity under the diffusion creep regime cannot be measured directly, it can be estimated from diffusion coefficients based on the theories of diffusion creep (Frost and Ashby 1982). I will discuss the rheological properties of non-water ices inferred from the diffusion coefficients. There are many non-water ices whose diffusion coefficients have not determined yet by experiments. This substance includes solid CO and clathrate hydrates. In the case of molecular solids, the diffusion enthalpy has a correlation with the sublimation enthalpy (Chadwick and Sherwood 1971). I estimated the diffusion coefficients using the correlation in order to infer the rheological property.

キーワード：Non-water ice、レオロジー、拡散、氷天体
Keywords: Non-water ice, Rheology, Diffusion, Icy body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

Swelling behavior of magnesium saturated smectites

Morida Koki, Keisuke Fukushi, Hiroshi Sakuma

*森田 康暉[1]
*Koki Morida[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

スメクタイトは液体の水の存在下で生成される粘土鉱物である。スメクタイトの構造は四面体シートと八面体シートで2:1の層を作り、その層間に接触している水中の陽イオンを取り込む性質がある。この層間陽イオン種は主にNa^{+}、K^{+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}が 一般的な層間陽イオンである。乾燥状態では層間陽イオン種と相対湿度(RH)に応じて層間に水を保持し、保持水分に応じて001面の面間隔は9~15Åまで変化する。RH0%で、層間陽イオン種がNa^{+}、K^{+}の時に面間隔は約10Å、Ca^{2+}では約12Å、Mg^{2+}では約11~14Åになる(Sato et al, 1992; Morodome and Kawamura 2009)。スメクタイトは組成と構造に応じて、2八面体型のモンモリロナイトやノントロナイトなど、3八面体型のサポナイトなどにさらに分類される。

現在NASAが遂行しているミッションの一つにMSL(Mars Science Laboratory)という計画がある。この計画では探査機キュリオシティを火星に送り込み、生命の存在していた可能性や生命に育むに適した環境を調査している(Vaniman et al, 2014)。この環境の条件の一つとしてかつて存在していた水が挙げられる。水は生命にとって重要なものである。それ故に水の存在下で生命存在可能性を評価するためには、その水質に左右され、水質を知ることが重要である。キュリオシティはかつての湖沼が存在したと考えられるゲイルクレーターに着陸し、湖沼堆積物のドリルサンプリングを行い、火星の鉱物の同定や定量分析に用いられるChemistry & Mineralogy X Ray Diffraction(CheMin-XRD)や土壌や岩石中の化学元素の存在量を測定できるAlpha Particle X-Ray Spectrometer　(APXS)などを用いて測定している。これらのデータから水環境の推定を行っている。Fig 1にシープベッド泥岩層のJohnKleinとCumberlandサイトで得られたCheMin-XRDの結果を示す。装置内の温度は5～25℃で相対湿度(RH)は0%で、二酸化炭素雰囲気で測定している。001面のピーク位置は13.2Åを示す。上記したように、スメクタイトの面間隔は層間に挿入される陽イオン種と相対湿度(RH)によって変化するため、Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}の挿入では説明ができない。そのため、層間には$MgOH^{+}$、あるいはMg^{2+}が挿入されているということが現在議論されている。Fig 2に2θ 22°付近のCheMin-XRDの拡大データを示す。02l面のピーク位置よりシープベッド泥岩層のスメクタイトはサポナイトであることが推測されている。(Vaniman et al, 2014; Bristow et al, 2015)。

様々なRH条件下でMg^{2+}型サポナイトの面間隔を測定したSuquet et al, 1975がRH0%で11.4Åを示すために、Vaniman et al, 2014、Bristow et al, 2015は火星のCumberlandのサポナイトは$MgOH^{+}$型であると論じている。しかし、Pevear et al, 1991によると、地球上では$MgOH^{+}$型スメクタイトは200℃のアルカリ熱水でなければ生成されず、推定されているゲイルクレーター湖沼堆積物の生成条件とは一致しない。さらに、$MgOH^{+}$型スメクタイトの面間隔がそもそも13Åを示すような実験研究はない。また、参考にしたSuquet et al, 1975は約40年前のデータで古く、実験的な信頼性にやや疑問が残る。RH0%でのNa^{+}、Ca^{2+}、他のMg^{2+}型スメクタイトの面間隔をレビューしたものをFig 3に示す。Na^{+}型スメクタイトは約10Å、Ca^{2+}型スメクタイトは約12Åに面間隔が集まるが、Mg^{2+}型スメクタイトは大きくばらついていることがわかる。先行研究のMg^{2+}型

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サポナイトの面間隔は12Å以下だが、他のMg^{2+}型スメクタイトでは13.2Åを超えるものもある。各先行研究の測定条件についてまとめたものをTable 1に示す。まず、Suquet et al, 1975だけ測定手法が異なっている。Suquet et al, 1975が採用したQuenched法はサンプルを測定器とは別の容器で平衡させ、取り出した後、密封容器に入れ、XRD測定する手法であると推測される。一方、In situ法は測定器内でRHをコントロールしてXRD測定する手法である。さらに、測定を行うときのRHコントロールをする大気組成が異なっている。面間隔はSuquet et al, 1975では11.4Å、硫酸条件では12.0Å、空気条件では13.2~13.9Å、窒素条件では12.0~13.0Åであり、手法及び大気組成によって面間隔が変化する可能性がある。よって本研究では窒素、空気、主要な火星大気である二酸化炭素雰囲気で湿度コントロールしたときのRH0%における様々なMg^{2+}型スメクタイトの膨張挙動を検討することを目的とする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性
Possibility of hydrogen peroxide as a warming agent on early Mars with oxidized condition

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1]
*Yuichi Ito[1], George HASHIMOTO[2], Yoshiyuki O. Takahashi[3], Masaki Ishiwatari[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 神戸大学大学院理学研究科
1. Department of Cosmosciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Graduate School of Science, Kobe University

近年、ローバーによる火星探査から、過去30-40億年前の古火星環境の情報が残されているゲイルクレーターで、高濃度の酸化マンガンが検出された（Lanza et al., 2016）。これは、酸化マンガンが沈殿した時代の古火星環境には、液体の水と非常に酸化的な大気が共存していたことを示唆している。一方で、その頃の太陽は現在よりも25%ほど暗いと推定されている。大気モデルを用いた検討から、古火星が液体の水を維持する温暖な環境であるためには、二酸化炭素・水だけでない温室効果ガスが大気に存在していたと考えられている(Kasting 1991など)。しかしながら、これまでの研究には、極めて酸化的な大気成分によって古火星の表層環境が273K以上に温められる可能性を示した検討は存在しない。これまで、極めて酸化的な大気成分の一つである過酸化水素は、火星の表層を極度に酸化させていった物質として着目されてきた。ただし、その量が現在の火星大気で極微量であるために温室効果気体としては着目されてこなかった。過酸化水素は光化学的に不安定な物質であるが、その１分子あたりの遠赤外の吸収能は非常に強く、仮に古火星大気が非常に酸化的であった場合、過酸化水素が地表面を温暖化させた可能性がある。

本研究では、Line by Lineの輻射輸送計算を用いた鉛直１次元大気のエネルギーバランスモデルに基づき、二酸化炭素大気中の過酸化水素の量をパラメータとし、古火星の表面温度がどれだけ上昇するか推定した。まず、古火星の大気中に飽和蒸気圧分の過酸化水素があったと仮定した場合、表面温度は最大でも3Kしか上昇しないことが分かった。一方で、大気上層では凝縮核が少ないために過酸化水素が過飽和状態にあった可能性が考えられる。過酸化水素が高度に依らず1ppmの濃度で含まれている場合、2bar以上の大気で表面温度が273Kを超える。また、10ppmの場合は1barの大気量で表面温度が273Kを超えることが可能であった。過酸化水素を含まない場合と比較すると、2barの大気については、濃度が1ppmの場合には約40K、10ppmの場合には約80Kの表面温度上昇がおきた。発表では、光化学反応などによる過酸化水素生成過程及び凝縮核の数密度やサイズなどに依存する凝縮過程によって、古火星の大気中の過酸化水素量が過飽和となりうるかも含めて議論する。

キーワード：火星、液体の水、大気
Keywords: Mars, Liquid water, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_44

[M-IS11] 水惑星学

コンビーナ:関根 康人(東京工業大学地球生命研究所)、臼井 寛裕(東京工業大学地球生命研究所)、福士 圭介(金沢大学環日本海域環境研究センター)、渋谷 岳造(海洋研究開発機構)

本セッションでは、地球を始めとする惑星や衛星の形成・進化に対して、液体の水が果たした役割を統一的に理解する「水惑星学」に関する研究発表と議論を行う。特に、微惑星での水-鉱物化学反応、原始太陽系での水分布と地球型惑星の水の起源、地球における水循環やその化学的性質の理解、火星の水環境復元、氷衛星における水の挙動と生命生存可能性、水を含む太陽系天体の探査、ハビタブル水惑星の形成・進化など、地球を基礎として太陽系外まで視野に入れた議論が望まれる。

[MIS11-P01] Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P02] Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1] (1.大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2.神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻)

[MIS11-P03] Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3] (1.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2.東京工業大学地球生命研究所、3.北海道大学低温科学研究所)

[MIS11-P04] リュウグウ母天体の水-岩石反応

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5] (1.海洋研究開発機構、2.東京工業大学、3.金沢大学、4.東北大学、5.名古屋大学)

[MIS11-P05] STXMによるALH 77307中の有機物分析

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1] (1.東京大学大学院理学系研究科、2.海洋研究開発機構　高知コア研究所、3.横浜国立大学 大学院工学研究院、4.Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5.分子化学研究所　極端紫外光施設)

[MIS11-P06] The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2] (1.東北大学大学院理学研究科地学専攻、2.立教大学理学研究科物理学専攻)

[MIS11-P07] 室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P08] 海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1] (1.静岡大学理学部地球科学科、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地球深部ダイナミクス研究分野)

[MIS11-P09] Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P10] 初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1] (1.海洋研究開発機構)

[MIS11-P11] 300-500°C, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水‐岩石反応への示唆

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1] (1.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2.東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

[MIS11-P12] 海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1] (1.海洋研究開発機構、2.高知大学)

[MIS11-P13] エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2] (1.国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部)

[MIS11-P14] なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？―タイタンとガニメデの二分性の起源

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3] (1.東京工業大学地球生命研究所、2.東京大学大学院理学系研究科、3.一関工業高等専門学校総合科学)

[MIS11-P15] 氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1] (1.神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)

[MIS11-P16] Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1] (1.徳島大学大学院産業理工学研究部)

[MIS11-P17] マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

*森田 康暉[1] (1.金沢大学)

[MIS11-P18] 酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1] (1.北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.神戸大学大学院理学研究科)

Three-dimensional simulations of methane-based hydrological cycles in north-pole regions of Titan

*千田 拓史[1,2]、関根 康人[1]、玄田 英典[1]
*Takufumi Chida[1,2], Yasuhito Sekine[1], Hidenori Genda[1]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 2. Department of Earth and Planetary Science, University of Tokyo

Observations of lakes, surface modification by fluvial activities, and cloud formation all indicate that Saturn’s moon Titan has the only active hydrological cycles known besides Earth [1]. Hydrocarbons such as methane and ethane condense out of a nitrogen-rich thick atmosphere, and precipitate onto the surface [1]. Methane observed in the atmosphere is continuously destroyed and lost by processes such as photolysis and direct escape [1]. Thereby, the persistence of the methane in the atmosphere is dependent on the availability of a hidden methane reservoir, resupplying the lost methane from the surface [1]. Quantifying the volume of the potential sources of methane resupply is one of the key questions of Titan’s hydrological cycles [1].

Previous studies on remote-sensing observations of Titan’s surface show that the elevations of some lakes and seas located near the north pole are constant from summer to early winter (corresponding to several Earth’s years) within the observational errors, implying a connection with a mutual ground-methane table [2]. The preference of clouds at mid-latitudes over high-latitudes suggests that while surface methane is only observed at high latitudes, there may be a significant subsurface methane table at mid-latitudes that is available for exchange with the atmosphere [3]. The influence of subsurface flow on the hydrological cycle has been studied using a two-dimensional (2D) hydrological model, which treats the subsurface as one box at each location [4]. Thus, the 2D models cannot determine the subsurface hydraulic connection among lakes and oceans. They also cannot quantify the total volume of the subsurface methane reservoir, therefore being unable to estimate the extent of the methane-based hydrological cycles.

Here, we calculate the methane-based hydrological cycles using a surface-subsurface coupled three-dimensional hydrological simulator “GETFLOWS”. GETFLOWS calculates surface and subsurface flows in a three-dimensional corner-grid blocks using Darcy’s law, law of mass conservation, and Manning’s equation. The main input parameters are (1) topography, (2) precipitation and evaporation rates, (3) permeability and porosity of the subsurface, and (4) levels of ground-methane table (i.e., the total methane volume in the subsurface). The topographic data was derived by interpolating the data obtained from the Cassini RADAR using the inverse distance weighting method [5]. The precipitation and evaporation data were applied from previous calculation results using general circulation model (GCM), which show good agreements of cloud formation and distribution with the observations [3,6]. The porosity and permeability values were estimated from the observations of the size of the icy grains on Titan’s surface [7]. Using this model, we constrain the ground-methane table through reproducing the size and distribution of the lakes and oceans on Titan’s surface as well as seasonal changes in their elevation. We discuss (1) whether the lakes and seas in the north-pole regions are hydraulically connected to the groundwater table, (2) what volume of subsurface liquid methane is active in the hydrological cycles, and (3) whether there is a subsurface transport of methane from the high to the low latitudes.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[1] Hayes et al., (2018) Nat. Geosci., 11, 306-313

[2] Hayes et al., (2016) Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 44, 57-83

[3] Turtle et al., (2018) Geophysical Research Letters, 45, 5320-5328

[4] Horvath et al., (2016) Icarus, 277, 103-124

[5] Corlies et al., (2017) Geophysical Research Letters, 44, 11, 754-11,761

[6] Faulk et al., (2017) Nat. Geosci., 10, 827-831

[7] Brossier et al., (2018) JGR Planets, 123, 1089-1112

キーワード：タイタン、メタン循環
Keywords: Titan, Methane-based hydrological cycle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Inclusion of brine into icy shell of Enceladus

*西谷 隆介[1]、谷 篤史[2]、佐々木 晶[1]、木村 淳[1]
*Ryusuke Nishitani[1], Atsushi Tani[2], Sho Sasaki[1], Jun Kimura[1]

1. 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻、2. 神戸大学大学院人間発達環境学研究科人間環境学専攻
1. Department of Earth and Space Sciences, School of Science, Osaka University, 2. Graduate School Human Development and Environment, Kobe University

Investigation of Enceladus plume by Cassini spacecraft showed not only the existence of a subsurface ocean but also ocean included some salts. On the earth, it is known that sea ice includes brine into grain boundary. Similarly, icy shell of Enceladus seems to include sea water. Inclusion of sea water could cause partial melt in icy layer and could affect the geology and thermal evolution. Cox and Weeks (1975) showed that the effective partition coefficient, the ratio of concentration of sodium chloride in formed ice to that in residual liquid, depended on ice growth velocity. While, Gross et al., (1977) reported forced convection made partition coefficient low. To quantify the amount of brine included into icy shell under various condition, we investigated a partition coefficient of sodium chloride to ice by experiment and simulation.

As an experimental apparatus, unidirectional growth method used by Muraoka et al., (2016) was applied. With this method, plate-like ice can be formed in a cell and growth velocity can be controlled by controlling temperature. Ice was formed at a speed between cm/s in 5 % sodium chloride solution. As a result, effective partition coefficient of sodium chloride to ice was 1 approximately at all ice growth velocity.

To evaluate this value, ice growth in sodium chloride solution was simulated by voronoi dynamics simulation suggested by Kawano and Ohashi (2008). When ice grew under the same condition with the experiment, effective partition coefficient was 1 approximately. Next, we introduced Sherwood number into the simulation. It was found that higher Sherwood number made the effective partition coefficient lower. These results indicate that effective partition coefficient reflects condition of convection. When ice grow velocity is faster than diffusion of sodium chloride, effective partition coefficient is near 1. Since convection was not occur in this experiment, the effective partition coefficient was near 1.
In subsurface ocean of Enceladus, effective partition coefficient might be low due to convection, but in crack like tiger stripe, effective partition coefficient might be high because ice growth velocity seems to be high.

キーワード：エンセラダス、ブライン、有効分配係数
Keywords: Enceladus, brine, effective partition coefficient

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electron irradiations onto ice-salt mixtures at low temperatures: Implications for chemical evolution and oxidant formation on Europa

*丹 秀也[2,1]、関根 康人[2]、羽馬 哲也[3]
*Shuya Tan[2,1], Yasuhito Sekine[2], Tetsuya Hama[3]

1. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、2. 東京工業大学地球生命研究所、3. 北海道大学低温科学研究所
1. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, the University of Tokyo, 2. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology, 3. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

The ice-rich surface of Europa is known to be irradiated with high-energy particles, such as electron, accelerated by the Jovian strong magnetic field (e.g., Paranicas et al., 2009). The high-energy particle irradiations could have caused particular chemical reactions on the surface, possibly including dissociation of H_2O and subsequent oxidation of surface salts, such as chlorides and sulfates/sulfides (e.g., Carlson et al., 2009; Hand et al., 2011). In addition, sputtering of the surface ice and salts by high-energy particles is proposed to be a major source of the tenuous atmosphere on Europa (e.g., Johnson et al., 2009; Brown and Hill, 1999). However, the detailed chemical reactions on Europa’s surface have been poorly constrained.

Here we construct a novel experimental system for irradiation of electron onto ice and salt (e.g., chloride: NaCl and $MgCl_2$) mixtures at low temperatures. Laboratory experiments on electron irradiation onto NaCl salt have been conducted at low temperatures corresponding to Europa’s surface (e.g., Hand and Carlson, 2015). However, no experiments have been performed to simulate the irradiation of electron onto ice and salt mixtures on Europa. Upon electron irradiation onto ice and chloride mixtures, chloride may be oxidized into perchlorate salts. If the surface materials are provided into the subsurface ocean through crustal recycling (e.g., Hand et al., 2007), perchlorate would become an important oxidant to generated redox disequilibria in the ocean. We report preliminary results on the electron irradiation experiments using the newly-constructed system.

キーワード：照射実験、エウロパ、化学進化
Keywords: Irradiation experiment, Europa, chemical evolution

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

リュウグウ母天体の水-岩石反応
Water-rock reactions in the parent body of Ryugu

*渋谷 岳造[1]、関根 康人[2]、菊池 早希子[1]、福士 圭介[3]、中村 智樹[4]、渡邊 誠一郎[5]
*Takazo Shibuya[1], Yasuhito Sekine[2], Sakiko Kikuchi[1], Keisuke Fukushi[3], Tomoki Nakamura[4], Sei-ichiro WATANABE[5]

1. 海洋研究開発機構、2. 東京工業大学、3. 金沢大学、4. 東北大学、5. 名古屋大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Tokyo Institute of Technology, 3. Kanazawa University, 4. Tohoku University, 5. Nagoya University

The recent remote-sensing observation by Hayabusa2 is providing a large amount of data to unravel the origin of Ryugu. The Near Infrared Spectrometer (NIRS3) onboard Haybusa2 revealed that the IR reflectance of the global surface of Ryugu is extremely low (~0.02) and the spectra include small but clear absorption at 2.72 μm. These findings indicate the great abundance of dark materials and the subordinate amount of hydrous minerals in the surface, respectively. These materials on Ryugu are important clues to constrain the conditions of aqueous alteration such as the temperature experienced by the parent body and the original volatile compositions during accretion stage. In this work, we conducted thermodynamic modeling of chondrite-water reactions under various conditions to establish a model explaining the aqueous alteration of the parent body. In the thermodynamic calculations, a mean composition of CV chondrites was assumed for the initial bulk rock (minor amount of carbon, nitrogen and chlorine are also included) (Pearson et al., 2006; Clay et al., 2017). For the initial fluid, four cases were assumed; CO_2 concentration is 0, 1, 3 and 10 mol% (Cases 1–4, respectively) relative to water while the latter three cases also include NH_3 (0.5%) and H_2S (0.5%) additionally (Mumma and Charnley, 2011). The equilibrium temperature and pressure were assumed to be 0, 100, 200, 300 and 350 ˚C, and vapor pressure of water. In the calculations, pyrene was considered as a representative of polycyclic aromatic hydrocarbon while C1 compounds except CH_4 were included as soluble species (Zolotov, 2012).
The calculations showed that stabilities of hydrous/anhydrous minerals, carbonate, pyrene change with temperature and W/R value. In Case 1 (CO_2-free), the altered chondrite consists of serpentine, troilite and subordinate amount of hydrous/anhydrous minerals (e.g., magnetite, saponite, gibbsite and chlorite) at 0–300 ˚C. However, with increasing temperature above 300 ˚C, olivine and clinopyroxene become major phases as the amounts of serpentine, chlorite and magnetite decrease. At 350 ˚C, olivine becomes the most abundant minerals in conjunction with disappearance of serpentine. Similar temperature dependencies of hydrous mineral stabilities were also shown at low W/R in Cases 2–4 (CO_2 =1–10%) whereas carbonate is predominant at high W/R. Although the total amount of hydrous minerals in the surface of Ryugu is still unconfirmed, the calculation results suggest that the temperature of hydrothermal reactions experienced by Ryugu is lower than approximately 300 ˚C if a certain amount of hydrous minerals are present in the surface rocks. In contrast, if the amount of hydrous minerals is relatively small, higher temperatures (>350 ˚C) may account for the observed IR spectra. In this case, the parent body may have undergone high-temperature hydrothermal reactions that could occur in relatively large body. Otherwise, it is also possible that the parent body underwent instantaneous high-temperature events such as impacts after the aqueous alteration.Regarding the discriminating darkness of Ryugu, pyrene and/or magnetite are considered as the abundant dark materials on the surface of Ryugu in the predicted alteration minerals (pyrene is not dark by itself but can be altered to dark organic matter through geologic time). Especially, pyrene can be consolidated through reduction of CO_2in Cases 2–4 because of water-chondrite reactions generate abundant H_2. These solid phases are minor or absent at high W/R where carbonate is predominant but the sum of them exceeds several % at low W/R because

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

water-chondrite reactions at low W/R generate abundant hydrogen. Therefore, the results indicate that the altered chondrites broadly become darker with decreasing W/R. However, if the water-chondrite reactions start under H_2-rich condition, the CO_2 in the fluid would be effectively reduced to form organic materials (Cases 2–4) even at high W/R, which also potentially contribute the low reflectance of Ryugu.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

STXMによるALH 77307中の有機物分析
Investigation of the organic matter in ALH 77307 by STXM

*菅 大暉[1]、伊藤 元雄[2]、癸生川 陽子[3]、Marcus Matthew [4]、大東 琢治[5]、高橋 嘉夫[1]
*Hiroki Suga[1], Motoo Ito[2], Yoko Kebukawa[3], Matthew A Marcus[4], Takuji Ohigashi[5], Yoshio Takahashi[1]

1. 東京大学大学院理学系研究科、2. 海洋研究開発機構　高知コア研究所、3. 横浜国立大学 大学院工学研究院、4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory、5. 分子化学研究所　極端紫外光施設
1. Graduate School of Science, The University of Tokyo, 2. Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC, 3. Faculty of Engineering, Yokohama National University, 4. Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory, 5. UVSOR Synchrotron Facility, Institute for Molecular Science

Organic matter (OM) is one of the most important building blocks of the solar system, it contributes to the planetary evolution and relates to the origin of life. The primitive OM is preserved in the carbonaceous chondrites (CCs), comets, and interplanetary dust particles. However, it is difficult to understand that what is the primitive OM (*e.g.,* information of it such as chemical composition and occurrence). Therefore, various candidates and formation process of OM has being discussed still. Here, we focused on the one of the most pristine CCs, ALH 77307 (petrological type 3.03: less altered). Primitive OM in its matrix and chondrule rim phases were explored using X-ray microscopic analysis. The aim of this study is to find primitive OM in the most primitive CCs.

First, matrix and chondrule rim phases were identified by SEM-EDS elemental imaging. Then, the ultra-thin section of matrix and chondrule rim were prepared using FIB system in the Kochi Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, prepared ultra-thin sections were analyzed by STXM installed BL4U in IMS UVSOR and beamline 5.3.2.2 in ALS LBNL to investigate OM distributions and their functional groups composition of C, N, and O.

As a result, we found two types of OM in both matrix and chondrule rim. These OM showed the same functional groups composition (aromatic C: C=C, ketonic C: C=O, carboxylic C: C=O[-HO], and graphitic layer structure: C-C) and different functional groups ratio. OMs in the chondrule rim were surrounded the aqueous alteration related secondary minerals such as iron hydroxides and carbonates. Although it was suggested that OM in the chondrule rim have the functional groups composition which related to aqueous alteration (*e.g.,* hydroxyl and aliphatic compounds), these functional groups related peaks could not be identified. Therefore, it was suggested that OM preserved original (before the accretion of the matrix and chondrule rim) information and secondary minerals origin were also before the accretion. From these characteristics, two types of OM in matrix and chondrule rim phase may have different origins such as nanoglobules and primitive insoluble OM (or insoluble OM-like nanoglobules reported in De Gregorio et al., 2013).
In this study, we succeeded in the *in-situ* observation (occurrence-preserved OM analysis with FIB system) to clarified that the original occurrence and functional groups of tow primitive OMs in ALH77307. As for the future plan, H-, C-, N-, and O-isotopic characteristics of these two OMs and carbonates are going to be analyzed by NanoSIMS in Koch Institute for Core Sample Research JAMSTEC. After that, OMs and secondary minerals morphology will be investigated by TEM in the University of Tokyo.

キーワード：ALH77307、STXM 、Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Keywords: ALH77307, STXM, Primitive organic matter

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

The development of UV spectrometer and preliminary measurement of carbonaceous chondrites

*五十嵐 彰[1]、中村 智樹[1]、亀田 真吾[2]、諸井 圭市[2]
*Akira Igarashi[1], Tomoki Nakamura[1], Shingo Kameda[2], Keiichi Moroi[2]

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 立教大学理学研究科物理学専攻
1. Department of Earth and Planetary Materials Sciences, Faculty of Science, Tohoku University, 2. Department of Physics, Faculty of Science, Rikkyo University

Ultraviolet (UV) reflectance spectra (200-400nm) of carbonaceous chondrites provide new information on organic matters in C-complex asteroids [e. g., 1], but interpretation of UV reflectance spectra of carbonaceous chondrites are not well established [1–3] because of very low reflectivity of the meteorites and the lack of best-suited standards in the UV region.
In this study, we developed a UV spectrometer and made selection of the best-suited standard material for calibration. High sensitivity is required for the spectrometer, because primitive meteorites such as carbonaceous chondrites are very dark in the UV wavelength region. The detector is an Ocean Optics Maya2000 PRO that has sensitivity in a range from 165 to 620 nm and spectral resolution of 0.035–0.68 nm. Light source is Hamamatsu Photonics Deuterium lamp (H2D2 light source unit) L11799 that has intensity in a range from 160 to 400 nm with atmospheric UV-radiation. We set a light source, meteorite sample, and a detector with minimum distance each other with a phase angle of 30 degrees. We tested and evaluated a wide variety of natural and artificial materials as a candidate for a reflectance standard, including $BaSO_4$, CaF_2, and Quartz, in a way similar to those described in [2]. The results of the test measurements suggest that Quartz powder is the best standard in the ultraviolet region, because it shows relatively flat spectrum compared with the other candidates.
For preliminary measurements of carbonaceous chondrites, we measured hydrated and partially- or completely dehydrated CM chondrites (Murray, Murchison, Yamato (Y-) 793321, Jbilet Winselwan, Murchison heated at 600˚C, Belgica (B-) 7904, Y86720). They are classified to heating stages I-IV (stage IV is the highest heating degree) based on mineralogical evidence [4]. They were crushed into a powder with <77 or <155 μm in size and used for spectral measurements. The results show that overall UV reflectance decreases from stage I to II, but increases with increasing heating stages from II to IV, whereas spectral slope in the 200-400nm region decreases with increasing heating degree. These changes are consistent with those observed in [1] and probably attributed to graphitization of IOM (Insoluble Organic Matter) in carbonaceous chondrites with increasing heating temperature.

References: [1] Applin, D.M. et al. (2018) Icarus, 307, 40-82. [2] Cloutis E.A. et al. (2008) Icarus, 97, 321-347. [3] Trigo-Rodriguez J.M. et al. (2014) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 437, 227-240. [4] Nakamura, T. (2005). Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 100(6), 260-272.

キーワード：紫外反射スペクトル、炭素質コンドライト
Keywords: ultraviolet reflectance spectra, carbonaceous chondrite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

室内実験および熱力学計算に基づいた還元的環境下におけるコンドライトの水変成プロセスの解明

A coupled experimental and thermodynamic study of chondrite-water interaction under anoxic condition

*菊池 早希子[1]、渋谷 岳造[1]
*Sakiko Kikuchi[1], Takazo Shibuya[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The presence of hydrous minerals in chondrites have been considered as an important evidence for the former presence of liquid water in parent bodies. However, the detailed evolutionary history of parent bodies (e.g., temperature fluid composition and water/rock ratio) are still poorly constrained, because the alteration processes of chondritic rock are not well defined and very few relevant experimental data are available. Here we investigate alteration process of chondrites by experiments simulating reactions between synthetic chondrite (mixtures of olivine, pyroxene, glass, Fe_{metal}, and troilite) and NH_3-containing solutions at 25 and 80 ˚C under anoxic conditions. We also compared the experimental results with those predicted from thermodynamic calculations to understand the equilibrium and kinetic conditions of chondrite-water interaction.
The experiments up to 7 months showed that the water-rock reactions caused a series of mineral alterations and production of H_2(aq), especially at 80 ˚C. X-ray diffraction analysis revealed that the formation of pyrrhotite was notable during the first few days in the experiment, which was likely resulted from the dissolution of troilite. In contrast, precipitation of saponite was evident after 100 days in the experiment, which was probably caused by the dissolution of Si-rich glass in the synthetic chondrites. Transmission electron microscope observation revealed that the saponite and secondary Si-rich amorphous phases densely covered the surface of the original olivine, glass, pyroxene, and troilite. These results imply that amorphous silica precipitated after the formation of pyrrhotite, followed by the precipitation of saponite. A part of these mineral assemblages obtained from our experiment was inconsistent with those predicted from the thermodynamic equilibrium calculations, suggesting that some metastable alteration minerals occur in the chondrite-water system before the complete equilibrium is achieved.

キーワード：コンドライト、サポナイト、ピロータイト
Keywords: chondrite, saponite, pyrrhotite

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の数値シミュレーション実験：含水鉱物のレオロジー特性の効果

Two-dimensional numerical experiments on subduction initiation in oceanic lithosphere: Effects of rheological properties of hydrous minerals

*和泉 美希[1]、吉田 晶樹[2]、平内 健一[1]
*Miki Izumi[1], Masaki Yoshida[2], Ken-ichi Hirauchi[1]

1. 静岡大学理学部地球科学科、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　地球深部ダイナミクス研究分野
1. Department of Geosciences, Faculty of Science, Shizuoka University, 2. Department of Deep Earth Structure and Dynamics research, Japan Agency for Marine−Earth Science and Technology −JAMSTEC−

地球におけるプレートの沈み込みがどのように始まったのかということは未だわかっていない。沈み込み開始に関する数値シミュレーション実験の先行研究では、沈み込みを再現させるために既存の断層（弱面）の摩擦係数（μ）を約0に設定しているが、これは一般的な岩石・鉱物に用いられるバヤリー則の値（μ = 0.6〜0.85）と比較しても極端に小さく、現実的に定められた値ではない。ところで、プレートテクトニクスが起こっていない他の地球型惑星と地球の表層環境を比較すると、大きな違いとして海洋の有無が挙げられる。海水がプレート間の断層に沿って深部まで移動するとき、水と断層帯の鉱物が反応して力学的に弱い含水鉱物が形成されると考えられる。そこで本研究では、含水鉱物のレオロジー特性に注目し、地球の海洋リソスフェアにおける沈み込み開始の2次元の数値シミュレーション実験を行った。その結果、弱面の力学的条件について含水鉱物であるアンチゴライトの流動則（転位クリープ）と滑石の摩擦係数（μ = 0.1）を考慮し、かつ異常間隙水圧（λ = 0.9）である場合にのみ、プレートの沈み込みが開始することがわかった。さらに、本研究のモデルにおける沈み込み開始可能な弱面の最大平均強度は5 MPa程度であることが示唆された。また、本研究のモデルでは、海洋リソスフェアがマントル深部まで沈み込む安定した沈み込みは起こらなかったが、これはプレートの沈み込み開始とその後のマントル深部への沈み込みにはそれぞれ別の効果が存在することを示唆している。

キーワード：プレートテクトニクス、沈み込み開始、含水鉱物、海洋リソスフェア、アンチゴライト、滑石
Keywords: plate tectonics, subduction initiation, hydrous mineral, oceanic lithosphere, antigorite, talc

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

Electrical energy generation at hydrothermal environments in the Solar System estimated by fuel cell model experimentations

*鹿島 裕之[1]、山本 正浩[1]、高井 研[1]
*Hiroyuki Kashima[1], Masahiro Yamamoto[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

A prime consideration for habitability of planets and moons is to constrain available free energy provided in the environment that could support the extant life and/or could drive chemical evolution. On Earth, primary production of a biosphere have been considered to be supported by phototrophs and chemotrophs with light and chemical energy, but recent studies discovered prokaryotes defined as electrotrophs that are capable of using electrons provided by artificial electrodes as the sole energy source for cellular activities [1]. This suggests that electrical energy could support the formation and evolution of a biosphere, and requires us to consider electrical energy, in addition to light and chemical energies, provided at the environment to estimate the habitability.

Although we have not yet had direct evidence for an electrotrophic ecosystem in a natural setting, spontaneous electrical current through conductive minerals and microbial matrixes that could support a life have been observed in sea floor environments on Earth. A promising example for spontaneous electrical energy generation is the marine hydrothermal environments in which conductive mineral deposits chemically separate hydrothermal fluid and sea water. Studies demonstrated that a marine hydrothermal system being functioning as analogous to a fuel cell generating power where sulfide deposit couples electrochemical oxidation of sulfide in the hydrothermal fluid and reduction of dissolved oxygen in the sea water with its electrocatalytic activity and electrical conductance [2].

As moons in the Solar System such as Enceladus and Europa are suggested to possess oceans with hydrothermal activity, it is hypothesized that those hydrothermal systems also generate electrical energy that provide free energy capable of supporting a biosphere. The present study is to estimate potentials of electrical energy generation at hydrothermal systems in oceans of the Solar System with laboratory electrochemical model experiments reproducing hydrothermal systems. Namely, electrochemical characterizations were conducted by using electrodes covered by sulfide minerals simulating hydrothermal deposits with electrolytes simulating hydrothermal fluids and seawaters. This presentation discusses electrocatalytic properties and potential power production of simulated hydrothermal systems with results of voltammetry tests and fuel cell polarization tests.

References: [1] Kumar, A. et al., (2017) Nature Reviews Chemistry 1, 0024. [2] Yamamoto, M. et al., (2018) ChemElectroChem 5. 2162-2166.

キーワード：the Solar System、hydrothermal system、fuel cell model、habitability、electrical energy
Keywords: the Solar System, hydrothermal system, fuel cell model, habitability, electrical energy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

初期地球深海熱水環境における非生物学的硝酸還元反応とその意義
Experimental study of abiotic nitrate reduction at a high temperature and high-pressure condition and implication for nitrogen chemistry in Hadean hydrothermal environments

*西澤 学[1]、齋藤 拓也[1]、眞壁 明子[1]、渋谷 岳造[1]、高井 研[1]
*Manabu Nishizawa[1], Takuya Saito[1], Akiko Makabe[1], Takazo Shibuya[1], Ken Takai[1]

1. 海洋研究開発機構
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Nitrogen is an essential element for life as a major component of biomolecules and electron donor/acceptor for energy metabolism. Currently, nitrogen cycle in surface environments is mainly driven by biological processes including nitrogen fixation, nitrification and denitrification. In contrast, little is known about nitrogen cycle in the pre-biotic Earth and its relation to chemical evolution. This study focuses on nitrate chemistry during water-rock interaction in deep-sea hydrothermal environments to understand the fate of atmospherically-derived nitrate in the Hadean ocean. In experiments, artificial seawater with nitrate was reacted with synthetic komatiite at 350oC and 500 bar. Our experiments show that a substantial amount of nitrate was reduced to ammonium in an experimental condition. This implies that the Hadean deep-sea hydrothermal vents may have been favorable for chemical evolution in that both electron acceptor for energy metabolism (nitrate) and reduced nitrogen for organic synthesis (ammonium) were continuously supplied to the hydrothermal fluid-seawater mixing zone.

キーワード：プレバイオ化学、窒素、深海熱水噴出孔
Keywords: prebiotic chemistry, nitrogen, deep sea hydrothermal vents

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

300-500℃, 1.5 kbarにおけるユークライト質ガラスと0.1 M NaCl水溶液の反応実験：エウロパ内部海における水-岩石反応への示唆
Interaction experiments between eucritic glass and 0.1 M NaCl aqueous solution at 300-500℃ and 1.5 kbar: Suggestions on water-rock interactions at the bottom of Europa’s subsurface ocean

*長澤 真[1,2]、高谷 雄太郎[1]
*Makoto Nagasawa[1,2], Yutaro Takaya[1]

1. 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科、2. 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻
1. Department of Resources and Environmental Engineering, School of Creative Science and Engineering, Waseda University, 2. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

Europa, the second satellite of Jupiter, probably has subsurface ocean under its icy crust. The yellow-brown color of its leading anti-Jovian hemisphere could be explained by endogenous substances such as sodium chloride, which suggests the presence of hydrothermal activity (water-rock interaction) [Hand and Carlson, 2015]. In this study, we conducted water-rock interaction experiments to determine the mineral assemblage of altered rock on Europa’s mantle surface and to constrain the amount of available energy for sustaining the putative chemoautotroph-based ecosystems.

In our experiments, eucritic synthesis glass and 0.1 M NaCl aqueous solution were reacted at 300-500℃ and 1.5 kbar for 8, 16 and 32 days, using cold-seal type pressure vessels. The water/rock mass ratio was fixed at 1/1 in all the experiments (50 mg of powdered glass to 50 μL of NaCl solution). Solid products were analyzed by X-ray diffractometer and SEM equipped with EDS. Water chemistry of the reacted solution were determined by ICP-MS.

The mineral assemblages observed in our experiments were as follows.
・Fe-rich smectite (saponite), epistilbite and xonotlite at 300℃ and 1.5 kbar
・Fe-rich smectite (saponite), ferroactinolite, Ca-rich plagioclase and minor amount of magnetite at 400℃ and 1.5 kbar
・Mg-rich smectite, ferroactinolite, Ca-rich plagioclase, magnetite and hydroxyapatite at 500℃ and 1.5 kbar

The formation of magnetite at 400-500℃ suggests that these high-temperature water-rock interactions may generate hydrogen and sustain chemoautotroph-based ecosystems. As a future work, we would like to evaluate the hydrogen generation potential quantitatively.

キーワード：エウロパ、水-岩石反応
Keywords: Europa, Water-rock interaction

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋中の鉄マンガン酸化物中のテルルと海洋環境の関連性
Relationship between tellurium in the Fe-Mn oxides in the ocean and ambient seawater

*深海 雄介[1]、柏原 輝彦[1]、天川 裕史[1]、渋谷 岳造[1]、臼井 朗[2]、鈴木 勝彦[1]
*Yusuke Fukami[1], Teruhiko Kashiwabara[1], Hiroshi Amakawa[1], Takazo Shibuya[1], Akira Usui[2], Katsuhiko Suzuki[1]

1. 海洋研究開発機構、2. 高知大学
1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Kochi University

Marine ferromanganese crusts (Fe-Mn crusts) are Fe-Mn oxides widely distributed on the seafloor, and important materials for (paleo)oceanographic studies (e.g. Hein et al., 2014). Tellurium (Te) is one of the highly enriched elements in the Fe-Mn crusts by more than ten thousand times relative to that in the continental crusts (Hein et al., 2010). Variation of concentration and isotopic compositions of Te in the Fe-Mn crusts could be a potential indicator for changes in redox condition of seawater, because of two valences of Te in ocean environments (+4 and +6; Lee and Edmond, 1985). In this study, we performed the measurement for concentration and isotopic compositions of Te in the surface layer of the Fe-Mn crusts, which was in contact with ambient seawater. The results were compared with the depth profile of the dissolved oxygen in the sampling site. To investigate the relationship to ambient seawater, the Fe-Mn crusts were sampled from two seamounts located in the Northwest Pacific, which showed different dissolved oxygen profile, and analyzed for Te concentration and isotopic compositions of the surface layer.

The results show that the correlation between the Te concentration and isotopic compositions in the surface layer of the Fe-Mn crusts changes depending on water depths. With increasing depths, the Te concentration decreases more drastically at shallower water depths than at deeper water depths. Moreover, the surface samples from two seamounts show a difference in the water depths where the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts changes. The changes in the concentration gradient of Te in the Fe-Mn crusts may correspond to the changes in the chemical state of Mn in conjunction with the changes in the dissolved oxygen concentration in ambient seawater. Therefore, the Te concentration in the Fe-Mn oxides potentially indicates the dissolved oxygen concentration in the marine environment. The Fe oxides and Mn oxides are observed on the surface of the Mars by recent observation of exploration vehicles (e.g. Lanza et al., 2016), and the trace elements in these oxides potentially provide the information of water environments when they are formed. In the presentation, the results of the measurement of Te in natural samples, and laboratory experiment for application to Fe-Mn oxides on Mars will be discussed.

キーワード：テルル、鉄マンガン酸化物、海洋環境、鉄マンガンクラスト、安定同位体
Keywords: tellurium, Fe-Mn oxides, ocean environment, Fe-Mn crusts, stable isotope

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

エンセラダスの海底下地震断層運動の再現実験
Laboratory reproduction of earthquake faulting beneath the internal ocean of Enceladus

*廣瀬 丈洋[1]、渋谷 岳造[2]
*Takehiro Hirose[1], Takazo Shibuya[2]

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　高知コア研究所、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構　横須賀本部
1. Kochi Institute for Core Sample Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The discovery of the Na-rich ice particles erupting from the surface of Enceladus indicates the presence of hydrothermal activity in Enceladus' ocean. Knowledge of water chemistry of the interior ocean is crucial for exploring planetary habitability and life. Two different processes of water-rock interaction can define the water chemistry in Enceladus' ocean: one is the static chemical interaction at the hydrothermal regions over geological timescale, and the other is the dynamic chemical interaction associated with seismogenic faulting induced by tidal force between Enceladus and Saturn or neighboring satellites. In this study, we focus on the later short-time disequilibrium interaction between water-rock during faulting. By using high-velocity friction experiment, we plan to reproduce faulting processes that are expected to occur in the interior of Enceladus, and then evaluate quantitatively the effect of the disequilibrium interaction during faulting on the water chemistry of the interior ocean. In the poster, we will present outline of the apparatus and pilot results of the experiments using San Carlos olivine and synthetic chondrite as starting materials.

キーワード：エンセラダス、地震断層、熱水
Keywords: Enceladus, earthquake faulting, hydrothermal

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

なぜタイタンには大気があり、ガニメデにはないのか？ータイタンとガニメデの二分性の起源

Why does Titan have an atmosphere, and why not Ganymede?—The origin of Titan-Ganymede dichotomy

*関根 康人[1]、青山 雄彦[2]、生駒 大洋[2]、谷川 享行[3]
*Yasuhito Sekine[1], Yuhiko Aoyama[2], Masahiro Ikoma[2], Takayuki Tanigawa[3]

1. 東京工業大学地球生命研究所、2. 東京大学大学院理学系研究科、3. 一関工業高等専門学校総合科学
1. Earth-Life Science Insitute, Tokyo Institute of Technology, 2. Dept. of Earth and Planetary Sci., University of Tokyo, 3. Section of Liberal Arts and Sciences, National Inst. of Tech., Ichinoseki College

One of the long-standing issues in planetary science is why Saturn’s moon Titan possesses a thick atmosphere and why Jupiter’s moon Ganymede not. These satellites are similar in size and mass; however, only Titan has active surface environments, characterized as a thick N_2 atmosphere and liquid CH_4 cycles. Since Titan’s atmospheric N_2 originates from NH_3 (Niemann et al., 2005; Sekine et al., 2011), the building materials of Titan may have contained both NH_3 and CH_4 ices in addition to H_2O ice. Previous studies hypothesized that no condensation of NH_3 and CH_4 would have occurred in the circum-Jovian disk since proto-Jupiter might have formed in a relatively warm region of the protoplanetary disk (e.g., disk temperature > 100 K) (Lunine and Stevenson, 1982). However, recent disk models show that even at a few au, the disk temperature would have become sufficiently low (i.e., < 100 K) to form NH_3 and CH_4 ices in the disk (e.g., Dodson-Robinson et al., 2009; Oka et al., 2011), thereby calling for a new explanation. Here we show that gas and solids infalling onto massive proto-Jupiter would have experienced extensive shock heating (~10^4 K) upon accretion. The shock heating is sufficient to dissociate primordial NH_3 and CH_4 to thermochemically stable N_2 and CO, which cannot condensate in the circum-Jovian disk due to their low condensation temperatures. On the other hand, dissociation of NH_3 and CH_4 proceeds only incompletely upon accretion onto less massive proto-Saturn. Accordingly, the building materials of Saturn’s icy moons contain abundance of survived NH_3 and CH_4 as ices. We suggest that giant planet’s mass is a critical factor to determine the chemical compositions, surface environments, and potential habitability of the icy moons.

Dodson-Robinson et al. (2009) Icarus 200, 672
Lunine and Stevenson (1982) Icarus 52, 14
Niemann et al. (2005) Nature 438, 779
Oka et al. (2011) Astrophys. J. 738, 141
Sekine et al. (2011) Nature Geosci. 4, 359

キーワード：氷衛星、惑星大気、惑星形成
Keywords: icy satellite, planetary atmosphere, planetary formation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

氷衛星における氷地殻底部環境を模擬したガスハイドレート生成観察装置の開発（２）

Development of observation system of gas hydrate forming in the environment simulated near the bottom of icy shell in icy bodies (2)

*谷 篤史[1]、森山 謙志郎[1]
*Atsushi Tani[1], Kenshiro Moriyama[1]

1. 神戸大学　大学院人間発達環境学研究科
1. Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Gas hydrates are clathrate compounds where hydrogen-bonded water cages include a guest gas molecule. Methane hydrate is one of famous gas hydrates because it is naturally found in deep-sea and permafrost sediments on the Earth. Gas hydrates would exist in icy bodies as well. One of the candidates is Pluto where the presence of subsurface ocean is suggested. Gas hydrates may exist between the ice shell and subsurface ocean and play an important role as insulator to keep warm inside. The presence of subsurface ocean is also suggested in some icy satellites like Enceladus. INMS (Ion and Neutral Mass Spectrometer) aboard the Cassini spacecraft has investigated composition of the plumes there that includes H2O (< 90 %), CH4, CO2, NH3, and other various organic materials. These results could reflect the composition of the subsurface ocean and imply the presence of clathrate hydrates in the ocean. Density of gas hydrates depends on guest gas molecules. For example, methane hydrate is lighter than the water, whereas CO2 hydrate is heavier. If CO2 hydrate forms at the bottom of the icy shell, the average density may become large and the ice (water ice + CO2 hydrate) may start to sink locally. If the size of each gas hydrate become small and granular gas hydrates exist in subsurface ocean, heat can be transfer by not only thermal conduction but also convection. This means that icy bodies may be cooled faster. To elucidate how gas hydrates form in the subsurface ocean in icy bodies, we have developed the observation system of gas hydrate formation and dissociation below the ice sheet. In the presentation, we report the progress of the observation system.

キーワード：氷天体、ガスハイドレート、結晶成長
Keywords: icy bodies, gas hydrate, crystal growth

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Rheology of non-water ices inferred from diffusion coefficients: A compilation study

*野口 直樹[1]
*Naoki Noguchi[1]

1. 徳島大学大学院産業理工学研究部
1. Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Non-water ices such as solid N_2, CO, CO_2, CH_4, and clathrate hydrates are a main constituent of the surfaces and crusts of the icy bodies. Understanding rheological properties of them are essential to understanding the dynamics including thermal convection, flow of glacier, and relaxation of topography. Several researchers investigated the rheological properties of them directly by low-temperature deformation experiments: solid N_2, CH_4 (Yamashita et al. 2010), CO_2 (Yamashita and Kato 1997, Durham et al. 1999), and CH_4 clathrate hydrate (Durham et al. 2003). They revealed the viscosities and plastic deformation mechanisms with a stress exponent of $n > 2$ in the range of 0.1 −100 MPa. However, the deformation experiment at low-stress conditions below 0.1 MPa is technically very difficult. The extrapolation of the plastic-flow law under their mechanisms to the low stress conditions may give an overestimate for the viscosity, because the diffusion creep can dominate in the low stress conditions below 0.1 MPa Under the diffusion creep regime, the viscosity behaves as Newtonian fluid, and is sensitive to the grain size. Although the viscosity under the diffusion creep regime cannot be measured directly, it can be estimated from diffusion coefficients based on the theories of diffusion creep (Frost and Ashby 1982). I will discuss the rheological properties of non-water ices inferred from the diffusion coefficients. There are many non-water ices whose diffusion coefficients have not determined yet by experiments. This substance includes solid CO and clathrate hydrates. In the case of molecular solids, the diffusion enthalpy has a correlation with the sublimation enthalpy (Chadwick and Sherwood 1971). I estimated the diffusion coefficients using the correlation in order to infer the rheological property.

キーワード：Non-water ice、レオロジー、拡散、氷天体
Keywords: Non-water ice, Rheology, Diffusion, Icy body

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

マグネシウム型スメクタイトの膨張挙動

森田　康暉、福士　圭介、佐久間　博

Swelling behavior of magnesium saturated smectites

Morida Koki, Keisuke Fukushi, Hiroshi Sakuma

*森田 康暉[1]
*Koki Morida[1]

1. 金沢大学
1. Kanazawa University

スメクタイトは液体の水の存在下で生成される粘土鉱物である。スメクタイトの構造は四面体シートと八面体シートで2:1の層を作り、その層間に接触している水中の陽イオンを取り込む性質がある。この層間陽イオン種は主にNa^{+}、K^{+}、Mg^{2+}、Ca^{2+}が 一般的な層間陽イオンである。乾燥状態では層間陽イオン種と相対湿度(RH)に応じて層間に水を保持し、保持水分に応じて001面の面間隔は9~15Åまで変化する。RH0%で、層間陽イオン種がNa^{+}、K^{+}の時に面間隔は約10Å、Ca^{2+}では約12Å、Mg^{2+}では約11~14Åになる(Sato et al, 1992; Morodome and Kawamura 2009)。スメクタイトは組成と構造に応じて、2八面体型のモンモリロナイトやノントロナイトなど、3八面体型のサポナイトなどにさらに分類される。

現在NASAが遂行しているミッションの一つにMSL(Mars Science Laboratory)という計画がある。この計画では探査機キュリオシティを火星に送り込み、生命の存在していた可能性や生命に育むに適した環境を調査している(Vaniman et al, 2014)。この環境の条件の一つとしてかつて存在していた水が挙げられる。水は生命にとって重要なものである。それ故に水の存在下で生命存在可能性を評価するためには、その水質に左右され、水質を知ることが重要である。キュリオシティはかつての湖沼が存在したと考えられるゲイルクレーターに着陸し、湖沼堆積物のドリルサンプリングを行い、火星の鉱物の同定や定量分析に用いられるChemistry & Mineralogy X Ray Diffraction(CheMin-XRD)や土壌や岩石中の化学元素の存在量を測定できるAlpha Particle X-Ray Spectrometer　(APXS)などを用いて測定している。これらのデータから水環境の推定を行っている。Fig 1にシープベッド泥岩層のJohnKleinとCumberlandサイトで得られたCheMin-XRDの結果を示す。装置内の温度は5～25℃で相対湿度(RH)は0%で、二酸化炭素雰囲気で測定している。001面のピーク位置は13.2Åを示す。上記したように、スメクタイトの面間隔は層間に挿入される陽イオン種と相対湿度(RH)によって変化するため、Na^{+}、K^{+}、Ca^{2+}の挿入では説明ができない。そのため、層間には$MgOH^{+}$、あるいはMg^{2+}が挿入されているということが現在議論されている。Fig 2に2θ 22°付近のCheMin-XRDの拡大データを示す。02l面のピーク位置よりシープベッド泥岩層のスメクタイトはサポナイトであることが推測されている。(Vaniman et al, 2014; Bristow et al, 2015)。

様々なRH条件下でMg^{2+}型サポナイトの面間隔を測定したSuquet et al, 1975がRH0%で11.4Åを示すために、Vaniman et al, 2014、Bristow et al, 2015は火星のCumberlandのサポナイトは$MgOH^{+}$型であると論じている。しかし、Pevear et al, 1991によると、地球上では$MgOH^{+}$型スメクタイトは200℃のアルカリ熱水でなければ生成されず、推定されているゲイルクレーター湖沼堆積物の生成条件とは一致しない。さらに、$MgOH^{+}$型スメクタイトの面間隔がそもそも13Åを示すような実験研究はない。また、参考にしたSuquet et al, 1975は約40年前のデータで古く、実験的な信頼性にやや疑問が残る。RH0%でのNa^{+}、Ca^{2+}、他のMg^{2+}型スメクタイトの面間隔をレビューしたものをFig 3に示す。Na^{+}型スメクタイトは約10Å、Ca^{2+}型スメクタイトは約12Åに面間隔が集まるが、Mg^{2+}型スメクタイトは大きくばらついていることがわかる。先行研究のMg^{2+}型

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

サポナイトの面間隔は12Å以下だが、他のMg^{2+}型スメクタイトでは13.2Åを超えるものもある。各先行研究の測定条件についてまとめたものをTable 1に示す。まず、Suquet et al, 1975だけ測定手法が異なっている。Suquet et al, 1975が採用したQuenched法はサンプルを測定器とは別の容器で平衡させ、取り出した後、密封容器に入れ、XRD測定する手法であると推測される。一方、In situ法は測定器内でRHをコントロールしてXRD測定する手法である。さらに、測定を行うときのRHコントロールをする大気組成が異なっている。面間隔はSuquet et al, 1975では11.4Å、硫酸条件では12.0Å、空気条件では13.2~13.9Å、窒素条件では12.0~13.0Åであり、手法及び大気組成によって面間隔が変化する可能性がある。よって本研究では窒素、空気、主要な火星大気である二酸化炭素雰囲気で湿度コントロールしたときのRH0%における様々なMg^{2+}型スメクタイトの膨張挙動を検討することを目的とする。

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

酸化的古火星環境における温暖化：過酸化水素の可能性
Possibility of hydrogen peroxide as a warming agent on early Mars with oxidized condition

*伊藤 祐一[1]、はしもと じょーじ[2]、高橋 芳幸[3]、石渡 正樹[1]、倉本 圭[1]
*Yuichi Ito[1], George HASHIMOTO[2], Yoshiyuki O. Takahashi[3], Masaki Ishiwatari[1], Kiyoshi Kuramoto[1]

1. 北海道大学 大学院 理学研究院 地球惑星科学部門 宇宙惑星科学分野、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 神戸大学大学院理学研究科
1. Department of Cosmosciences, Graduate school of Science, Hokkaido University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Graduate School of Science, Kobe University

近年、ローバーによる火星探査から、過去30-40億年前の古火星環境の情報が残されているゲイルクレーターで、高濃度の酸化マンガンが検出された（Lanza et al., 2016）。これは、酸化マンガンが沈殿した時代の古火星環境には、液体の水と非常に酸化的な大気が共存していたことを示唆している。一方で、その頃の太陽は現在よりも25%ほど暗いと推定されている。大気モデルを用いた検討から、古火星が液体の水を維持する温暖な環境であるためには、二酸化炭素・水だけでない温室効果ガスが大気に存在していたと考えられている(Kasting 1991など)。しかしながら、これまでの研究には、極めて酸化的な大気成分によって古火星の表層環境が273K以上に温められる可能性を示した検討は存在しない。これまで、極めて酸化的な大気成分の一つである過酸化水素は、火星の表層を極度に酸化させていった物質として着目されてきた。ただし、その量が現在の火星大気で極微量であるために温室効果気体としては着目されてこなかった。過酸化水素は光化学的に不安定な物質であるが、その１分子あたりの遠赤外の吸収能は非常に強く、仮に古火星大気が非常に酸化的であった場合、過酸化水素が地表面を温暖化させた可能性がある。

本研究では、Line by Lineの輻射輸送計算を用いた鉛直１次元大気のエネルギーバランスモデルに基づき、二酸化炭素大気中の過酸化水素の量をパラメータとし、古火星の表面温度がどれだけ上昇するか推定した。まず、古火星の大気中に飽和蒸気圧分の過酸化水素があったと仮定した場合、表面温度は最大でも3Kしか上昇しないことが分かった。一方で、大気上層では凝縮核が少ないために過酸化水素が過飽和状態にあった可能性が考えられる。過酸化水素が高度に依らず1ppmの濃度で含まれている場合、2bar以上の大気で表面温度が273Kを超える。また、10ppmの場合は1barの大気量で表面温度が273Kを超えることが可能であった。過酸化水素を含まない場合と比較すると、2barの大気については、濃度が1ppmの場合には約40K、10ppmの場合には約80Kの表面温度上昇がおきた。発表では、光化学反応などによる過酸化水素生成過程及び凝縮核の数密度やサイズなどに依存する凝縮過程によって、古火星の大気中の過酸化水素量が過飽和となりうるかも含めて議論する。

キーワード：火星、液体の水、大気
Keywords: Mars, Liquid water, Atmosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_26

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

Raman spectroscopic analysis of isotopologue methane hydrates

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Raman spectroscopy is one of the useful tool to get information of gas hydrate crystals. Natural gas hydrates in submarine/sublacustrine sediment mainly encage methane. Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$, $^{13}CH_4$, and CH_3D exist in nature. Ozeki *et al.* (2018) first reported Raman spectra of CH_3D and CD_4 hydrates and compared with CH_4 (mainly $^{12}CH_4$) hydrate. We report Raman spectra of $^{13}CH_4$ hydrate and summarize Raman spectra of isotopologue methane hydrates.

$^{13}CH_4$ hydrate sample was synthesized in a small pressure cell (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in the pressure cell, and introduced appropriate amount of $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). $^{13}CH_4$ hydrate was formed by melting the fine ice powder at the temperature of 273.2 K under high pressure of $^{13}CH_4$. We retrieved the hydrate sample at 77 K and its Raman spectra was obtained at 123 K in the range 2,500-3,300 cm^{-1} using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). The Raman peaks were fitted in the range 2,800-3,000 cm^{-1} for the C-H stretching peaks of methane using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane encaged in the large and small cages of the cubic structure I.

Raman shifts for the C-H stretching and bending modes of $^{13}CH_4$ was 0.8 cm^{-1} and 14 cm^{-1} smaller than those of $^{12}CH_4$, respectively, suggesting that ^{13}C-H bonds affect its vibrational frequency. Hydration number of $^{13}CH_4$ was estimated as 6.00±0.02, almost the same as that of $^{12}CH_4$ (6.02±0.02). Therefore, Cage occupancies of $^{13}CH_4$ and $^{12}CH_4$ hydrates showed no difference between them.

Reference

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

キーワード：メタンハイドレート、ラマン分光分析、同位体分子種
Keywords: methane hydrate, Raman spectroscopy, isotopologues

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源
Gas origin of hydrate-bound gas in Lake Baikal

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Oleg Khlystov[2], Gennadiy Kalmychkov[3], Marc De Batist[4], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学、2. ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3. ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4. ゲント大学
1. Kitami Institute of Technology, 2. Limnological Institute, SB RAS, 3. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 4. Ghent University

In the framework of international collaboration between Kitami Institute of Technology (Japan), Limnological Institute (Russia), and Ghent University (Belgium), natural gas hydrates have been recovered from lake-bottom sediments at Lake Baikal. Near-surface gas hydrate was first discovered at the Malenky mud volcano at the southern Baikal basin in 2000. Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2018) has revealed distribution of near-surface gas hydrates at the southern and central Baikal basins. We found six new places (Enkhelook, Soukhaya, KIT, LIN, PosolCanyon1, and PosolCanyon2) during the VER18-03 cruise in 2018. The total number of places where near-surface gas hydrates were retrieved is 53. In this report, we summarize characteristics of hydrate-bound gases retrieved from all the sites since 2005.

Gas hydrate crystals were recovered from lake-bottom sediment cores, and hydrate-bound gas samples were stored in 5-mL vials. Total number of hydrate-bound gas samples was 626. Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound gas were measured using a gas chromatograph and a stable isotope ratio mass spectrometer.

In the Bernard plot, C_1 $\delta^{13}C$ and C_1 / (C_2 + C_3) distributes from -70‰ to -44‰ and from 6 to 100,000, respectively, suggesting that the origin of hydrate-bound gas is microbial, thermogenic, and their mixed-gas. Almost all data are plotted on the mixing line between microbial and thermogenic, however, Gorevoy Utes (oil seep site) showed thermogenic C_1 with small composition of C_2 and C_3. The data concentrates in the microbial field (C_1 $\delta^{13}C$: -66‰ and C_1 / (C_2 + C_3): 1,000-10,000). C_1 δD of thermogenic C_1 increases with C_1 $\delta^{13}C$. C_2 $\delta^{13}C$ distributes from -69‰ to -23‰. 17 sites (ex. Solzan, Talanka, Turka, KIT, etc.) showed microbial C_1 and C_2. 27 sites (Malenky, Oblom, Seep13, Kukuy K6, etc.) showed microbial C_1 and thermogenic C_2, indicating that small amount of thermogenic gas is mixed with microbial gas. Other sites (Mamay, PosolBank, Gorevoy Utes, Kedr, etc.) showed thermogenic C_1 and C_2. The Milkov plot (relation between C_1 $\delta^{13}C$ and C_2 $\delta^{13}C$) can express mixing condition between microbial and thermogenic rather than the Bernard plot. C_2 δD decreased with decrease in C_2 $\delta^{13}C$, therefore microbial C_2 is both depleted in ^{13}C and D. We conclude that hydrate-bound gas at Lake Baikal is mainly microbial gas, and thermogenic gas ascends from deep layer at some areas (Kedr, PosolBank, Kukuy, and Gorevoy Utes) and forms the structure II gas hydrate.

キーワード：ガスハイドレート、バイカル湖、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Lake Baikal, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

Validation of self-preservation effect of methane and ethane mixed-gas hydrate by Raman spectroscopy

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane hydrate can be stored long time under atmospheric pressure below 273.2K, even though their P-T conditions is unstable, namely "self-preservation effect". On the contrary, Takeya and Ripmeester (2008) reported that ethane hydrate shows no self-preservation. In natural condition, methane and ethane mixed-gas hydrates have been found at Lake Baikal, however, there is no information for the mixed-gas system. In the last JpGU meeting we report self-preservation effect for mixed-gas hydrate, but the conditions of samples are not uniform. Because the size of crystals affect rate of survival at higher temperature, we controlled the specific surface of area of gas hydrate samples in this study.

We put 0.7 g of fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) into a pressure cell (volume: 30 mL) and mixed-gas of methane and ethane was introduced. Hydrate crystals formed at 273.2 K. The gas hydrate sample was degased and recovered at the temperature of liquid nitrogen. We controlled the ethane composition of hydrate-bund gas from 0% to 100%, covering the area of methane-rich structure I, ethane-rich structure I, and their intermediate structure II. We measured compositions of methane and ethane by a gas chromatograph (GC-2014, Shimadzu Corporation). Gas hydrate samples were placed on a temperature-controlled device and kept at 80 K. Raman spectra of hydrate samples were obtained using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). We checked the Raman spectra of C-H stretching mode at 83 K, and then increased the sample temperature every 10 K until complete dissociation. We calculated the Raman peak area for C-H stretching mode of methane and ethane around 2900 cm^{-1} by a peak fitting method and obtained the survival rate of gas hydrate samples with temperature.

Pure methane hydrate survived well, more than 20% of hydrate still remained at 263 K, whereas pure ethane hydrate completely dissociated at around 200 K. These results agree well with our previous report. As for mixed-gas hydrate composed of methane and ethane, the rates of survival of structure I were lower than that of pure methane hydrate, but the crystals remained till 253 K, suggesting self-preservation. That of structure II well remained at 83-183 K, but quickly disappeared at 213 K. Therefore, it is possible that the survival rate of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane depends on not only gas composition but also crystallographic structure.

Reference

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Ed 47: 1276-1279

キーワード：ガスハイドレート、自己保存効果、メタン、エタン
Keywords: gas hydrate, self preservation effect, methane, ethane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

Experimental study on the phase equilibrium condition of CO_2 hydrate with marine sediment

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1]
*Daisuke Maki[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

ガスハイドレートは、日本周辺の海底の堆積物中に存在が確認されており、天然ガスを大量に含む次世代のエネルギー資源として注目されている。ガスハイドレートの分布や資源量を推定するには、ガスハイドレートの相平衡条件の十分な理解が必要である。これまで温度、圧力、ガスや水の組成などが相平衡条件へ与える影響は多く研究されてきたが、特に表層型ガスハイドレートが存在する海域の堆積物を用いた実験的研究はほとんど行われていない。本研究では、ガスハイドレートの主成分であるメタンと似た挙動を示す二酸化炭素ハイドレートを合成し、表層型ガスハイドレートが分布する日本海の海底で採取された泥質堆積物を含む環境で、相平衡条件を測定した。その結果、泥質堆積物が存在すると相平衡が低温側に約0.2 ℃、高圧側に約0.1 MPa移動し安定領域が減少することが明らかになった。これは、ガスハイドレートの安定に堆積物の存在が影響し、ガスハイドレートの分布、資源量の推定に温度・圧力だけでなく堆積物の存在を考慮する必要があることを示す。

キーワード：ガスハイドレート、相平衡
Keywords: gas hydrate, phase equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析
Raman spectroscopic analysis of structure H gas hydrates encapsulating cyclic hydrocarbons

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of well-defined cages formed by water molecules and guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in the cages. Clathrate hydrates including natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas. There are three common crystallographic structure of hydrates, structure I (sI), structure II (sII) and structure H (sH). In the case of microbially sourced gas hydrate system, the gas hydrates are generally sI CH_4 hydrates. On the other hand, sH hydrate was found at northern Cascadia margin, where thermogenic larger hydrocarbons exist [Lu et al. 2007]. For instance,, cyclohexane (CH), methylcyclopentane (MCP), methylcyclohexane (MCH) and other large hydrocarbons, which is capable of forming sH hydrate with help gas like CH_4, were detected at the area. From the above, study for sH hydrate which encapsulating these large hydrocarbons are important for further understanding of natural gas hydrates.

In this study, sH CH_4 and larger cyclic hydrocarbon (CH, MCP and MCH) mixed hydrates were prepared. We observed the variations of Raman spectra of these cyclic hydrocarbons due to enclathrated water cages of gas hydrate. C–H and C–C stretching regions of enclathrated these cyclic hydrocarbons were measured by the Raman spectroscopic method., The Raman spectra of C–C stretching region of these hydrocarbon are useful for identification of guest molecules in natural gas hydrates because the number of Raman peaks of C–C stretching region are smaller than that of C–H stretching region.

Reference

Lu *et al.* (2007) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *Nature*. **8**: 303-306.

doi: 10.1038/nature0546.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証
Investigation of self-preservation of argon hydrate by measuring specific surface area

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Ikeura[1], Daisuke Yahagi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami institute of technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Self-preservation occurs during the dissociation of gas hydrate and drastically decreases speed of dissociation at around 253K and under atmospheric pressure in the case of methane hydrate. Takeya and Ripmeester (2008) revealed that not only methane but also nitrogen, oxygen, argon, and CO_2 hydrates showed the same self-preservation effect. This phenomena is explained that (1) gas hydrate dissociates below the ice point, (2) ice remains on the surface of crystals, (3) ice layer forms and covers on the surface of hydrate and prevent from further dissociation. We developed a device for measuring specific surface area of snow particles (Hachikubo *et al.*, 2014), and it is also available for gas hydrate crystals. Because self-preservation phenomena depends on temperature, we investigated the change of specific surface area of argon hydrate samples in their dissociation process under various temperature conditions.

Fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) were formed in liquid nitrogen using water spray and sieved in a cold room (temperature: 255 K). 3 g of ice balls were put into a pressure cell (volume: 30 mL) and measured their specific surface area. After that, argon was introduced and hydrate crystals formed at 273.2 K. Temperature of the samples were controlled at 226K, 243K, 254K, and 263K, and then the residual gases in the pressure cell were quickly removed. The internal pressure decreased to the atmospheric pressure and the samples started to dissociate. Dissociation times were controlled as 1 minute, 10 minutes, and 100 minutes, and after that the samples were fixed at the temperature of liquid nitrogen and we measured their specific surface area. Their dissociation rate were estimated from weight data of gas and water. Specific surface area of the original fine ice balls and (pure) argon hydrate samples were also measured.

Ice balls were expected to change completely into “hydrate balls”, however, more fine and irregular grains of argon hydrate were observed using an optical microscope Specific surface area of original ice balls was 71±5 [m^2 kg^{-1}], and that of argon hydrate increased to 119 [m^2 kg^{-1}]. When the dissociation period was 1 minute, more than 90% of hydrate still remained at 226-263 K. The rate of dissociation at 254 K was fastest in the case of 10 minutes dissociation (65% of hydrate remained), but about 80% of hydrate sample remained at 263 K. The specific surface area was around 120 [m^2 kg^{-1}] after 10 minutes at 263 K, indicating that the condition of surface was not changed at 263 K. On the other hand, the specific surface area increased to 279 [m^2 kg^{-1}] at 226 K after 10 minutes. Therefore, these results indicate that the self-preservation effect appeared at 263 K and kept the surface of crystals smooth rather than the case at 226 K.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Int Ed 47: 1276-1279

Hachikubo A, Yamaguchi S, Arakawa H, Tanikawa T, Hori M, Sugiura K, Matoba S, Niwano M, Kuchiki K, Aoki T (2014) Effects of temperature and grain type on time variation of snow specific surface area. Bull Glaciol Res 32: 47-53

キーワード：ガスハイドレート、アルゴン、自己保存効果、比表面積
Keywords: gas hydrate, argon, self preservation effect, specific surface area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別
Carbon isotope fractionation of CO_2 during the formation of clathrate hydrate

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Hiromi Kimura[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Hydrogen Isotope fractionation in methane during the formation of clathrate hydrate was reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane is 4.8±0.4‰ lower than that of residual methane at 274.2K. Although natural methane hydrates distribute widely in the world, natural CO_2 hydrate was only reported at the Okinawa Trough (Sakai *et al.*, 1990). It is also possible that CO_2 hydrate exists in Mars. Isotopic fractionation of guest gas may provide useful information to understand formation processes of gas hydrate. Luzi *et al.* (2011) revealed that CO_2 $\delta\,^{13}C$ in hydrate-bound gas is 0.9‰ lower than that of residual gas, suggesting that light CO_2 molecules prefer to be encaged into clathrate cages. In this study, we checked the temperature effect on the isotopic difference between residual and hydrate-bound CO_2.

Samples of CO_2 hydrate (weight: 0.7 g) were experimentally prepared in a pressure cell (volume: 30 mL), and the temperature was controlled by a liquid bath (258-274 K) and cold rooms (226-254 K). Isotopic compositions of both residual and hydrate-bound CO_2 were measured by an isotope ratio mass spectrometer (IRMS). Samples were formed in the temperature range from 226 K to 274 K. The carbon isotopic differences between hydrate-bound and residual CO_2 distributed between 1.2‰ and 1.5‰, agreed fairly well with the previous report (Luzi *et al.*, 2011). The difference seemed to be large (1.5-2.0 ‰) at 226 K, indicating that the equilibrium pressure of $^{13}CO_2$ hydrate is slightly larger than that of $^{12}CO_2$ hydrate, and the difference between them becomes large in lower temperature. We will show these equilibrium data for $^{13}CO_2$ and $^{12}CO_2$ hydrates and compare with the results in stable isotope.

Reference

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

Sakai H, Gamo T, Kim ES, Tsutsumi M, Tanaka T, Ishibashi J, Wakita H, Yamano M, Oomori T (1990) Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-okinawa trough backarc basin. Science: 248, 4959, 1093-1096.

Luzi M, Schicks JM, Erzinger J (2011) Carbon isotopic fractionation of synthetic methane and carbon dioxide hydrates. Proc. 7th International Conference on Gas Hydrates (ICGH2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、安定同位体、CO2、同位体分別
Keywords: gas hydrate, stable isotope, carbon dioxide, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査
Gas hydrate survey off Tokachi (the Pacific Ocean) in the framework of practical education of Kitami Institute of Technology

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Ikeura[1], Akihiro Hachikubo[1], Masaaki Konishi[1], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学
1. Kitami Institute of Technology

Distribution of BSR (bottom simulating reflector) has been reported off Tokachi, the Pacific Ocean (Hayashi *et al.*, 2010). Kitami Institute of Technology started gas hydrate survey in this area on 2014, using TS Oshoro-maru of Hokkaido University. This program is conducted in the framework of practical education (name of lecture: “Practical learning about the Okhotsk Region, its history and the natural environment”), and about 40 students participate the cruise. Three cruises (C008, C046, and C061) were executed in 2014-2018. We found many gas seeps ascending from sea floor, those height exceeded 700 m from the sea floor. We recovered gas-rich sediment cores by a gravity and hydrostatic corers. Here, we report characteristics of sediment gas in this area.

Samples of sediment gas, mainly dissolved gases in pore water, were obtained by a headspace gas method. 10 mL sediment was sampled from the sediment core by a plastic syringe (volume: 5 mL) and put into a 25 mL vial. 10 mL NaCl aqueous solution was introduced into the vial by using a micropipette and sealed employing a butyl rubber septum to make a headspace (5 mL volume). To avoid any changes in the headspace, preservative (benzalkonium chloride, BKC) was added and the headspace part was flushed by helium. We roughly checked gas composition of sediment gases onboard using a portable gas chromatograph, and after that we measured the molecular and isotopic compositions of headspace gases using another gas chromatograph and CF-IRMS in our laboratory.

Concentration of C_1 increased with depth, and exceeded 1 [mM] in the bottom of some sediment cores (C008-GC1403, C046-GC1702, and C061-GC1803), indicating that their depths of SMI (sulfate-methane interface) were small and active gas seep existed at the sea floor. The minimum SMI depth was 50 [cmbsf] in C008-GC1403. C_1 / (C_2 + C_3) in these gas-rich layer was from 300 to 700. Concentration of H_2S exceeds 1 [mM] in the bottom of sediment cores. These results indicate that microbial gas is supplied from lower layer and AOM (anaerobic oxidation of methane) processes is active in beneath the sea floor. C_1 $\delta^{13}C$ profiles showed minimum values (lower than -100‰) at the SMI depth in C061-GC1803. C_2 $\delta^{13}C$ distributed between -55‰ and -30‰, suggesting that C_2 seems also microbial origin.

Reference

Hayashi M, Saeki T, Inamori T, Noguchi S (2010) The distribution of BSRs related to methane hydrates, offshore Japan. J Jpn Assoc Petrol Technol 75(1): 42-53

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタン、太平洋
Keywords: gas hydrate, methane, the Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴
Geochemistry of pore water and gas in shallow sediments from offshore Primorsky Krai, Russia

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3]
*Musashi Yokoyama[1], Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2], Glen Snyder[2], A.V. Yatsuk[3], D.A Shvalov[3]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 明治大学研究知財戦略機構、3. ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所
1. Department Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 3. Gas Geochemistry Laboratory, V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute

近年の海洋調査で、日本海東縁の海域には表層型メタンハイドレートの形成を支持するガスチムニー構造が数多く見つかっている。ロシア沿海地方沖はガスチムニーが発達する日本海辺縁域の北端部に位置し、日本海盆とタタールトラフが接する。本研究では日本海盆北縁からタタールトラフ南西部まで海域の、ガスチムニーを含む様々な水深から採取された堆積物間隙水とヘッドスペースガスの化学分析結果から、この海域に分布するガスチムニー構造の地球化学的な特徴を明らかにすることを目的とした。調査はロシア沿海地方沖の南部と北部の二つの海域で行われ、重力コアラーを使用して堆積物を回収した。調査期間中に同時に行われたSCSによる調査では、南部の海域には明瞭なガスチムニー構造はほとんど認められず、コアは水深（陸からの距離）や緯度（SCSの測線）の異なる地点から採取された。一方、北部の海域では、複数の顕著なガスチムニーが認められ、その周辺からもコアが採取された。

間隙水中の硫酸イオンは堆積物深部から供給されるメタンを酸化するため、海底面直下で濃度が急激に低下する。メタンフラックスが大きくなれば硫酸イオンの濃度勾配は大きくなり、より浅部に硫酸ーメタン境界（sulfate-methane interface: SMI）が出現する。両海域とも硫酸イオンは深度ともに直線状に減少していたが、全体的に北部の海域の方が南部にくらべてSMI深度が浅く、メタンフラックスが大きいことが明らかになった。これは、大陸（調査海域西方のロシア沿海地方）よりも、タタールトラフに沿って供給された有機物が、メタンの主な起源となっているためであると考えられる。

また、特に北部のガスチムニー直上で採取したコアでメタンフラックスが大きかったが、水深が浅いガスチムニーで特にメタンフラックスが大きい傾向が見られた。これは、トラフ底の堆積物深部で生成したメタンが間隙率の高い地層に沿って西側の斜面を上昇し、圧力の低下とともに相対的な濃度が上昇してガスチムニーを作っている可能性を示唆する。
南部ではガスチムニーサイトの数も少ないが、間隙水溶存ガスがリファレンスサイトと同等かそれ以下の濃度を示しており、南部の海域においてはガスチムニーが相対的にガスの供給源として非活発的である可能性が示唆された。さらに北部ではSMI深度が浅い、ガスチムニーサイトであるなどの共通点を持つコア同士でも濃度に差が表れたことから、水深や堆積環境によって堆積物中におけるガスの滞留のしやすさが異なっていると考えられる。ガスのC1/C2比は表層付近で小さな値を示すコアが多く見られ、これはAOMによってメタンのみが選択的に消費されたことが原因である。また、北部ではSMI深度付近でスパイク状に上昇するコアがいくつか見られた。これはSMI付近で微生物により、メタン生成が行われている可能性が考えられる。

キーワード：ガスチムニー、メタン
Keywords: gas chimney, methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動
Late Quaternary Total Organic Carbon fluctuation in the eastern Japan Sea and offshore of the Russian maritime provinces

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4]
*Yuta Hirano[1], Kyousuke Sakamoto[1], Naoto Ishida[2], Takao Ebinuma[2], Koji Seto[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2. 鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3. 島根大学エスチュアリー研究センター、4. 明治大学ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Sustainability Science Methane Hydrate Course ,Tottori University, 2. Tottori Univ., 3. Shimane Univ., 4. Meiji Univ.

日本海南部～東部は対馬暖流の影響下にあり，生物生産量の高い海域である．日本海の表層で生成された有機炭素は沈降して堆積物中に固定され，埋没を経て，やがては炭化水素の供給源になる．過去の生物生産量を反映するとされる堆積物中の有機炭素濃度について，日本海東縁とロシア沿海州沖で採取されたコアに記録された後期第四紀の変動を報告する．

メタンハイドレートの生成にはメタンが必要不可欠である．メタンは，堆積物中に含まれている有機物が熱分解生成（熱分解起源），及び，微生物活動により生成して（微生物起源），堆積物深部から表層へ上昇する．そこで，表層型メタンハイドレート賦存海域である日本海において，堆積物中の全有機炭素量（TOC），全窒素（TN），および全硫黄（TS）の３成分の濃度を測定し，有機炭素濃度の変動，および有機物の起源を明らかにする．

本研究で用いた試料は，日本海南部の隠岐トラフ（PC1606），新潟県沖の最上トラフ南部（PC1726），日本海北部の沿海州沖のプリモーリエ沖北部～タタールトラフ（Lv81-35GC）の海域から採取した．各コアの年代幅はPC1606が59ka以降，PC1726が17ka以降，Lv81-35GCが42ka以降である．

分析には島根大学エスチュアリー研究センターに設置されているCNS分析装置を使用した．分析試料には，110℃のホットプレートで乾燥した約１gの堆積物試料を均質化するためにメノウ乳鉢で粉末化し，これから10mgを銀製の容器に取り分け，塩酸（３％）を滴下し炭酸塩成分を除去した後に蒸発乾固させた試料を錫製の容器で包んだものを用いた．各成分の濃度は乾燥試料中の重量%として求めた．

いずれのコアもTNとTOCの関係には良い相関が見られ，C/Nの値はほぼ６から10の間に収まっている．これは，どのコアの有機炭素も主に海洋プランクトン起源であることを示している．一方でTSとTOCの関係には相関が見られず，C/Sの値は0.2から10以上まで幅広い値を取る．硫黄の堆積物への固定は有機炭素とは異なる過程を経ていることがわかる．PC1606のTOC濃度変動は，6ka付近から現代までは2.4%程度で安定しているが，10ka前後に4%近いピークがあり，最終氷期最盛期にあたる20ka付近では1%前後の低い値となっている．最終氷期最盛期には日本海の循環が停滞して深層水が貧酸素化したことで，海洋表層から沈降した有機物が堆積物中に保存されやすい条件にあったが，この期間にTOC濃度が低下しているということは，日本海南部の基礎生産そのものが低下していたと考えられる．また，最終氷期以降の急激な温暖化に伴って日本海の循環が活発化し，深層の栄養塩が表層にもたらされたことで，10ka前後に一時的な基礎生産が増大した可能性がある．

最終氷期の海退期にあたる30から60kaにTOC濃度は１～3.5%の範囲で変動しており増加と減少を繰り返している．ATテフラ層準の30kaにはTOC濃度が0.2%まで急激に落ち込み，その後3kyr程度の時間を要して１%代まで回復する．南九州で発生した巨大噴火が日本海南部の基礎生産に大きな影響を与えたことが明瞭である．テフラに随伴したTOC濃度の急減は10ka付近（U-Oki）や53ka付近（テフラ未同定）にも見られる．

上越沖の研究事例では，TOC濃度変動が全体的な古気候変動と同調していることが指摘されている（Urabe et al., 2014）．隠岐トラフのPC1606に見られるTOC変動は，上越沖のTOC変動と酷似している．隠岐トラフと上越沖の基礎生産や有機物の保存条件は，少なくとも過去数万年間は同様な過程をたどったと考えられる．

一方，最上トラフ南部のPC1726や沿海州沖のLv81-35GCに記録されたTOC濃度変動は，最終氷期最盛期前後に１%程度の低い値を取る点はPC1606と一致するが，PC1606に見られた10ka前後のピークが不明瞭であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．最終氷期最盛期には日本海全域で基礎生産量が低下したが，その後の温暖化に対する基礎生産の応答は海域によって異なっていた可能性がある．

キーワード：全有機炭素量、日本海、後期第四紀、表層型メタンハイドレート
Keywords: Total Organic Carbon, Japan Sea, Late Quaternary, Shallow type methane hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
Tsuyoshi Mamata[1], *Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

The Hidaka Trough, offshore Hokkaido, has recently been characterized by subsurface gas chimney structures associated with mound/pockmark topography and methane plume, which indicate an intensive gas migration from deep sediments to the surface area. In the region where remarkable gas chimneys are developed such as in offshore Joetsu, shallow marine sediments are characterized by the precipitation of authigenic carbonate, massive gas hydrates and development of chemotrophs because of high methane concentration near the seafloor. In these environments, anaerobic oxidation of methane utilizes both methane and sulfate, resulting in sulfate depleted in shallow sediment. Inorganic carbon generated by methane oxidation does not incorporate only with calcium ion to form carbonate but also is reduced by microbially-mediated methanogenic reaction. Carbon is therefore a key substance near the depth of sulfate methane interface (SMI) in high methane flux area. This study aims to figure out the chemical reaction associated with carbon, which characterizes geochemical environment in shallow sediments, by analyzing concentrations of dissolved ions and hydrocarbons, and stable isotopic composition ($\delta^{13}C$) of dissolved carbons collected from shallow sediments with gas chimney structures in the Hidaka Trough, offshore Hokkaido.
In the area of calyptogena community, the SMI locates at shallow depth and indicates reductive environment is established because of sulfate depletion. The sulfate is depleted at shallower depth in the area with carbonates near the seafloor, where the concentration of calcium ion is also lower than other areas. These results indicate carbonate formed at higher rate in the area with higher methane flux. Total organic carbon amount decrease with depth above the SMI, the residual organic matter in sediment generates methane at depth and enhances the methane flux toward the seafloor. Based on the composition of dissolved hydrocarbons and $\delta^{13}C$ of methane, although the methane is generally of biogenic origin over the research areas in the Hidaka Trough, the $\delta^{13}C$ of methane increase rapidly with depth on the mound center, indicating thermogenic methane predominantly migrate from deeper sediments at the site. Biogeochemical behavior of carbon varies not only among sampling sites but also among relative locations on the single gas chimney structure.

キーワード：硫酸ーメタン境界、ガスチムニー、日高トラフ
Keywords: SMI, gas chimney, Hidaka Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_45

[M-IS21] ガスハイドレートと地球環境・資源科学

コンビーナ:戸丸 仁(千葉大学理学部地球科学科)、八久保 晶弘(北見工業大学)、谷 篤史(神戸大学　大学院人間発達環境学研究科)、後藤 秀作(産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門)

ガスハイドレートは地球環境の変遷を理解するためにも、物質科学・資源科学的な観点からも重要な物質である。近年、地球環境における過去・現在・未来のガスハイドレートの挙動やインパクト、物理化学特性、ガスハイドレートの調査・開発技術などに関する、実験室やシミュレーションからフィールド調査にわたる様々なスケール、分野での研究が急速に進んでいる。本セッションでは、これらに関連する最新の研究成果の発表に基づき、ガスハイドレートの生成や分解に関連する現象の解明や利用、資源としての開発のための、情報の共有と議論の深化を目的としている。多くの分野で重要性の高い学際的な物質であるガスハイドレートを題材として、分野の垣根を超えた積極的な交流と研究コミュニティーの発展を期待する。

[MIS21-P01] アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P02] バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学、2.ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3.ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4.ゲント大学)

[MIS21-P03] ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P04] 海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1] (1.千葉大学大学院融合理工学府)

[MIS21-P05] 環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P06] アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P07] CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2] (1.北見工業大学、2.産業技術総合研究所)

[MIS21-P08] 北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1] (1.北見工業大学)

[MIS21-P09] ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3] (1.千葉大学理学部地球科学科、2.明治大学研究知財戦略機構、3.ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所)

[MIS21-P10] 日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4] (1.鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2.鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3.島根大学エスチュアリー研究センター、4.明治大学ガスハイドレート研究所)

[MIS21-P11] Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2] (1.千葉大学大学院融合理工学府、2.明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所)

アイソトポログのメタンを包接するクラスレートハイドレートのラマン分光分析

Raman spectroscopic analysis of isotopologue methane hydrates

*菊池 優樹[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Kikuchi[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Raman spectroscopy is one of the useful tool to get information of gas hydrate crystals. Natural gas hydrates in submarine/sublacustrine sediment mainly encage methane. Methane molecule is composed of carbon and hydrogen, and three kinds of isotopologues, $^{12}CH_4$, $^{13}CH_4$, and CH_3D exist in nature. Ozeki *et al.* (2018) first reported Raman spectra of CH_3D and CD_4 hydrates and compared with CH_4 (mainly $^{12}CH_4$) hydrate. We report Raman spectra of $^{13}CH_4$ hydrate and summarize Raman spectra of isotopologue methane hydrates.

$^{13}CH_4$ hydrate sample was synthesized in a small pressure cell (volume: 5 mL). Fine ice powder (1g) was put in the pressure cell, and introduced appropriate amount of $^{13}CH_4$ (purity: 99.5%, Taiyo-Nissan). $^{13}CH_4$ hydrate was formed by melting the fine ice powder at the temperature of 273.2 K under high pressure of $^{13}CH_4$. We retrieved the hydrate sample at 77 K and its Raman spectra was obtained at 123 K in the range 2,500-3,300 cm^{-1} using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). The Raman peaks were fitted in the range 2,800-3,000 cm^{-1} for the C-H stretching peaks of methane using a Voigt function to obtain the integrated intensities of the two peaks corresponding to methane encaged in the large and small cages of the cubic structure I.

Raman shifts for the C-H stretching and bending modes of $^{13}CH_4$ was 0.8 cm^{-1} and 14 cm^{-1} smaller than those of $^{12}CH_4$, respectively, suggesting that ^{13}C-H bonds affect its vibrational frequency. Hydration number of $^{13}CH_4$ was estimated as 6.00±0.02, almost the same as that of $^{12}CH_4$ (6.02±0.02). Therefore, Cage occupancies of $^{13}CH_4$ and $^{12}CH_4$ hydrates showed no difference between them.

Reference

Ozeki T, Kikuchi Y, Takeya S, Hachikubo A (2018) Phase equilibrium of isotopologue methane hydrates enclathrated CH_3D and CD_4. J Chem Eng Data 63(6): 2266-2270, doi: 0.1021/acs.jced.8b00203

キーワード：メタンハイドレート、ラマン分光分析、同位体分子種
Keywords: methane hydrate, Raman spectroscopy, isotopologues

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

バイカル湖ガスハイドレート包接ガスの起源
Gas origin of hydrate-bound gas in Lake Baikal

*松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、Oleg Khlystov[2]、Gennadiy Kalmychkov[3]、Marc De Batist[4]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Oleg Khlystov[2], Gennadiy Kalmychkov[3], Marc De Batist[4], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学、2. ロシア科学アカデミー陸水学研究所、3. ロシア科学アカデミー地球化学研究所、4. ゲント大学
1. Kitami Institute of Technology, 2. Limnological Institute, SB RAS, 3. Vinogradov Institute of Geochemistry, SB RAS, 4. Ghent University

In the framework of international collaboration between Kitami Institute of Technology (Japan), Limnological Institute (Russia), and Ghent University (Belgium), natural gas hydrates have been recovered from lake-bottom sediments at Lake Baikal. Near-surface gas hydrate was first discovered at the Malenky mud volcano at the southern Baikal basin in 2000. Multi-phase Gas Hydrate Project (MHP, 2009-2018) has revealed distribution of near-surface gas hydrates at the southern and central Baikal basins. We found six new places (Enkhelook, Soukhaya, KIT, LIN, PosolCanyon1, and PosolCanyon2) during the VER18-03 cruise in 2018. The total number of places where near-surface gas hydrates were retrieved is 53. In this report, we summarize characteristics of hydrate-bound gases retrieved from all the sites since 2005.

Gas hydrate crystals were recovered from lake-bottom sediment cores, and hydrate-bound gas samples were stored in 5-mL vials. Total number of hydrate-bound gas samples was 626. Molecular and isotopic compositions of hydrate-bound gas were measured using a gas chromatograph and a stable isotope ratio mass spectrometer.

In the Bernard plot, C_1 $\delta^{13}C$ and C_1 / (C_2 + C_3) distributes from -70‰ to -44‰ and from 6 to 100,000, respectively, suggesting that the origin of hydrate-bound gas is microbial, thermogenic, and their mixed-gas. Almost all data are plotted on the mixing line between microbial and thermogenic, however, Gorevoy Utes (oil seep site) showed thermogenic C_1 with small composition of C_2 and C_3. The data concentrates in the microbial field (C_1 $\delta^{13}C$: -66‰ and C_1 / (C_2 + C_3): 1,000-10,000). C_1 δD of thermogenic C_1 increases with C_1 $\delta^{13}C$. C_2 $\delta^{13}C$ distributes from -69‰ to -23‰. 17 sites (ex. Solzan, Talanka, Turka, KIT, etc.) showed microbial C_1 and C_2. 27 sites (Malenky, Oblom, Seep13, Kukuy K6, etc.) showed microbial C_1 and thermogenic C_2, indicating that small amount of thermogenic gas is mixed with microbial gas. Other sites (Mamay, PosolBank, Gorevoy Utes, Kedr, etc.) showed thermogenic C_1 and C_2. The Milkov plot (relation between C_1 $\delta^{13}C$ and C_2 $\delta^{13}C$) can express mixing condition between microbial and thermogenic rather than the Bernard plot. C_2 δD decreased with decrease in C_2 $\delta^{13}C$, therefore microbial C_2 is both depleted in ^{13}C and D. We conclude that hydrate-bound gas at Lake Baikal is mainly microbial gas, and thermogenic gas ascends from deep layer at some areas (Kedr, PosolBank, Kukuy, and Gorevoy Utes) and forms the structure II gas hydrate.

キーワード：ガスハイドレート、バイカル湖、ガス起源
Keywords: gas hydrate, Lake Baikal, gas origin

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ラマン分光分析によるメタン・エタン混合系ガスハイドレートの自己保存効果の検証

Validation of self-preservation effect of methane and ethane mixed-gas hydrate by Raman spectroscopy

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Methane hydrate can be stored long time under atmospheric pressure below 273.2K, even though their P-T conditions is unstable, namely "self-preservation effect". On the contrary, Takeya and Ripmeester (2008) reported that ethane hydrate shows no self-preservation. In natural condition, methane and ethane mixed-gas hydrates have been found at Lake Baikal, however, there is no information for the mixed-gas system. In the last JpGU meeting we report self-preservation effect for mixed-gas hydrate, but the conditions of samples are not uniform. Because the size of crystals affect rate of survival at higher temperature, we controlled the specific surface of area of gas hydrate samples in this study.

We put 0.7 g of fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) into a pressure cell (volume: 30 mL) and mixed-gas of methane and ethane was introduced. Hydrate crystals formed at 273.2 K. The gas hydrate sample was degased and recovered at the temperature of liquid nitrogen. We controlled the ethane composition of hydrate-bund gas from 0% to 100%, covering the area of methane-rich structure I, ethane-rich structure I, and their intermediate structure II. We measured compositions of methane and ethane by a gas chromatograph (GC-2014, Shimadzu Corporation). Gas hydrate samples were placed on a temperature-controlled device and kept at 80 K. Raman spectra of hydrate samples were obtained using a Raman spectrometer (RMP-210, JASCO Corporation). We checked the Raman spectra of C-H stretching mode at 83 K, and then increased the sample temperature every 10 K until complete dissociation. We calculated the Raman peak area for C-H stretching mode of methane and ethane around 2900 cm^{-1} by a peak fitting method and obtained the survival rate of gas hydrate samples with temperature.

Pure methane hydrate survived well, more than 20% of hydrate still remained at 263 K, whereas pure ethane hydrate completely dissociated at around 200 K. These results agree well with our previous report. As for mixed-gas hydrate composed of methane and ethane, the rates of survival of structure I were lower than that of pure methane hydrate, but the crystals remained till 253 K, suggesting self-preservation. That of structure II well remained at 83-183 K, but quickly disappeared at 213 K. Therefore, it is possible that the survival rate of mixed-gas hydrate composed of methane and ethane depends on not only gas composition but also crystallographic structure.

Reference

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Ed 47: 1276-1279

キーワード：ガスハイドレート、自己保存効果、メタン、エタン
Keywords: gas hydrate, self preservation effect, methane, ethane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

海洋堆積物が存在する環境での二酸化炭素ハイドレートの相平衡条件に関する実験的研究

Experimental study on the phase equilibrium condition of CO_2 hydrate with marine sediment

*牧 大輔[1]、戸丸 仁[1]
*Daisuke Maki[1], Hitoshi Tomaru[1]

1. 千葉大学大学院融合理工学府
1. Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

ガスハイドレートは、日本周辺の海底の堆積物中に存在が確認されており、天然ガスを大量に含む次世代のエネルギー資源として注目されている。ガスハイドレートの分布や資源量を推定するには、ガスハイドレートの相平衡条件の十分な理解が必要である。これまで温度、圧力、ガスや水の組成などが相平衡条件へ与える影響は多く研究されてきたが、特に表層型ガスハイドレートが存在する海域の堆積物を用いた実験的研究はほとんど行われていない。本研究では、ガスハイドレートの主成分であるメタンと似た挙動を示す二酸化炭素ハイドレートを合成し、表層型ガスハイドレートが分布する日本海の海底で採取された泥質堆積物を含む環境で、相平衡条件を測定した。その結果、泥質堆積物が存在すると相平衡が低温側に約0.2 ℃、高圧側に約0.1 MPa移動し安定領域が減少することが明らかになった。これは、ガスハイドレートの安定に堆積物の存在が影響し、ガスハイドレートの分布、資源量の推定に温度・圧力だけでなく堆積物の存在を考慮する必要があることを示す。

キーワード：ガスハイドレート、相平衡
Keywords: gas hydrate, phase equilibrium

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

環状炭化水素を包接した構造H型ガスハイドレートのラマン分光分析
Raman spectroscopic analysis of structure H gas hydrates encapsulating cyclic hydrocarbons

*伏屋 豪[1]、竹谷 敏[2]、八久保 晶弘[1]
*Go Fuseya[1], Satoshi Takeya[2], Akihiro Hachikubo[1]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Clathrate hydrates are crystalline inclusion compounds that consist of well-defined cages formed by water molecules and guest molecules of suitable sizes and shapes trapped in the cages. Clathrate hydrates including natural gases as guest molecules are commonly known as gas hydrates. Gas hydrates in sea or lake bottom sediments and permafrost layers have attracted considerable interest as a potential source of unconventional natural gas. There are three common crystallographic structure of hydrates, structure I (sI), structure II (sII) and structure H (sH). In the case of microbially sourced gas hydrate system, the gas hydrates are generally sI CH_4 hydrates. On the other hand, sH hydrate was found at northern Cascadia margin, where thermogenic larger hydrocarbons exist [Lu et al. 2007]. For instance,, cyclohexane (CH), methylcyclopentane (MCP), methylcyclohexane (MCH) and other large hydrocarbons, which is capable of forming sH hydrate with help gas like CH_4, were detected at the area. From the above, study for sH hydrate which encapsulating these large hydrocarbons are important for further understanding of natural gas hydrates.

In this study, sH CH_4 and larger cyclic hydrocarbon (CH, MCP and MCH) mixed hydrates were prepared. We observed the variations of Raman spectra of these cyclic hydrocarbons due to enclathrated water cages of gas hydrate. C–H and C–C stretching regions of enclathrated these cyclic hydrocarbons were measured by the Raman spectroscopic method., The Raman spectra of C–C stretching region of these hydrocarbon are useful for identification of guest molecules in natural gas hydrates because the number of Raman peaks of C–C stretching region are smaller than that of C–H stretching region.

Reference

Lu *et al.* (2007) Effect of temperature and large guest molecules on the C–H symmetric stretching vibrational frequencies of methane in structure H and I clathrate hydrates. *Nature*. **8**: 303-306.

doi: 10.1038/nature0546.

キーワード：ガスハイドレート、ラマン分光分析
Keywords: gas hydrate, Raman spectroscopy

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

アルゴンハイドレートの比表面積測定による自己保存効果の検証
Investigation of self-preservation of argon hydrate by measuring specific surface area

*池浦 有希[1]、矢作 大輔[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Yuki Ikeura[1], Daisuke Yahagi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami institute of technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Self-preservation occurs during the dissociation of gas hydrate and drastically decreases speed of dissociation at around 253K and under atmospheric pressure in the case of methane hydrate. Takeya and Ripmeester (2008) revealed that not only methane but also nitrogen, oxygen, argon, and CO_2 hydrates showed the same self-preservation effect. This phenomena is explained that (1) gas hydrate dissociates below the ice point, (2) ice remains on the surface of crystals, (3) ice layer forms and covers on the surface of hydrate and prevent from further dissociation. We developed a device for measuring specific surface area of snow particles (Hachikubo *et al.*, 2014), and it is also available for gas hydrate crystals. Because self-preservation phenomena depends on temperature, we investigated the change of specific surface area of argon hydrate samples in their dissociation process under various temperature conditions.

Fine ice balls (diameter: 0.108-0.180 mm) were formed in liquid nitrogen using water spray and sieved in a cold room (temperature: 255 K). 3 g of ice balls were put into a pressure cell (volume: 30 mL) and measured their specific surface area. After that, argon was introduced and hydrate crystals formed at 273.2 K. Temperature of the samples were controlled at 226K, 243K, 254K, and 263K, and then the residual gases in the pressure cell were quickly removed. The internal pressure decreased to the atmospheric pressure and the samples started to dissociate. Dissociation times were controlled as 1 minute, 10 minutes, and 100 minutes, and after that the samples were fixed at the temperature of liquid nitrogen and we measured their specific surface area. Their dissociation rate were estimated from weight data of gas and water. Specific surface area of the original fine ice balls and (pure) argon hydrate samples were also measured.

Ice balls were expected to change completely into “hydrate balls”, however, more fine and irregular grains of argon hydrate were observed using an optical microscope Specific surface area of original ice balls was 71±5 [m^2 kg^{-1}], and that of argon hydrate increased to 119 [m^2 kg^{-1}]. When the dissociation period was 1 minute, more than 90% of hydrate still remained at 226-263 K. The rate of dissociation at 254 K was fastest in the case of 10 minutes dissociation (65% of hydrate remained), but about 80% of hydrate sample remained at 263 K. The specific surface area was around 120 [m^2 kg^{-1}] after 10 minutes at 263 K, indicating that the condition of surface was not changed at 263 K. On the other hand, the specific surface area increased to 279 [m^2 kg^{-1}] at 226 K after 10 minutes. Therefore, these results indicate that the self-preservation effect appeared at 263 K and kept the surface of crystals smooth rather than the case at 226 K.

References

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Takeya S, Ripmeester JA (2008) Dissociation behavior of clathrate hydrates to ice and dependence on guest molecules. Angew Chem Int Ed 47: 1276-1279

Hachikubo A, Yamaguchi S, Arakawa H, Tanikawa T, Hori M, Sugiura K, Matoba S, Niwano M, Kuchiki K, Aoki T (2014) Effects of temperature and grain type on time variation of snow specific surface area. Bull Glaciol Res 32: 47-53

キーワード：ガスハイドレート、アルゴン、自己保存効果、比表面積
Keywords: gas hydrate, argon, self preservation effect, specific surface area

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

CO_2クラスレートハイドレート生成時の炭素安定同位体分別
Carbon isotope fractionation of CO_2 during the formation of clathrate hydrate

*木村 宏海[1]、松田 純平[1]、菊池 優樹[1]、八久保 晶弘[1]、竹谷 敏[2]
*Hiromi Kimura[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Kikuchi[1], Akihiro Hachikubo[1], Satoshi Takeya[2]

1. 北見工業大学、2. 産業技術総合研究所
1. Kitami Institute of Technology, 2. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Hydrogen Isotope fractionation in methane during the formation of clathrate hydrate was reported by Hachikubo *et al.* (2007) that δ D of hydrate-bound methane is 4.8±0.4‰ lower than that of residual methane at 274.2K. Although natural methane hydrates distribute widely in the world, natural CO_2 hydrate was only reported at the Okinawa Trough (Sakai *et al.*, 1990). It is also possible that CO_2 hydrate exists in Mars. Isotopic fractionation of guest gas may provide useful information to understand formation processes of gas hydrate. Luzi *et al.* (2011) revealed that CO_2 $\delta\,^{13}C$ in hydrate-bound gas is 0.9‰ lower than that of residual gas, suggesting that light CO_2 molecules prefer to be encaged into clathrate cages. In this study, we checked the temperature effect on the isotopic difference between residual and hydrate-bound CO_2.

Samples of CO_2 hydrate (weight: 0.7 g) were experimentally prepared in a pressure cell (volume: 30 mL), and the temperature was controlled by a liquid bath (258-274 K) and cold rooms (226-254 K). Isotopic compositions of both residual and hydrate-bound CO_2 were measured by an isotope ratio mass spectrometer (IRMS). Samples were formed in the temperature range from 226 K to 274 K. The carbon isotopic differences between hydrate-bound and residual CO_2 distributed between 1.2‰ and 1.5‰, agreed fairly well with the previous report (Luzi *et al.*, 2011). The difference seemed to be large (1.5-2.0 ‰) at 226 K, indicating that the equilibrium pressure of $^{13}CO_2$ hydrate is slightly larger than that of $^{12}CO_2$ hydrate, and the difference between them becomes large in lower temperature. We will show these equilibrium data for $^{13}CO_2$ and $^{12}CO_2$ hydrates and compare with the results in stable isotope.

Reference

Hachikubo A, Kosaka T, Kida M, Krylov A, Sakagami H, Minami H, Takahashi N, Shoji H (2007) Isotopic fractionation of methane and ethane hydrates between gas and hydrate phases. Geophys Res Lett 34: L21502. doi:10.1029/2007GL030557

Sakai H, Gamo T, Kim ES, Tsutsumi M, Tanaka T, Ishibashi J, Wakita H, Yamano M, Oomori T (1990) Venting of carbon dioxide-rich fluid and hydrate formation in mid-okinawa trough backarc basin. Science: 248, 4959, 1093-1096.

Luzi M, Schicks JM, Erzinger J (2011) Carbon isotopic fractionation of synthetic methane and carbon dioxide hydrates. Proc. 7th International Conference on Gas Hydrates (ICGH2011).

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、安定同位体、CO2、同位体分別
Keywords: gas hydrate, stable isotope, carbon dioxide, isotopic fractionation

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北見工業大学の学生実習による太平洋十勝沖のガスハイドレート調査
Gas hydrate survey off Tokachi (the Pacific Ocean) in the framework of practical education of Kitami Institute of Technology

*長谷 優之介[1]、松田 純平[1]、池浦 有希[1]、八久保 晶弘[1]、小西 正朗[1]、坂上 寛敏[1]、南 尚嗣[1]、山下 聡[1]
*Yunosuke Hase[1], Jumpei Matsuda[1], Yuki Ikeura[1], Akihiro Hachikubo[1], Masaaki Konishi[1], Hirotoshi Sakagami[1], Hirotsugu Minami[1], Satoshi Yamashita[1]

1. 北見工業大学
1. Kitami Institute of Technology

Distribution of BSR (bottom simulating reflector) has been reported off Tokachi, the Pacific Ocean (Hayashi *et al.*, 2010). Kitami Institute of Technology started gas hydrate survey in this area on 2014, using TS Oshoro-maru of Hokkaido University. This program is conducted in the framework of practical education (name of lecture: “Practical learning about the Okhotsk Region, its history and the natural environment”), and about 40 students participate the cruise. Three cruises (C008, C046, and C061) were executed in 2014-2018. We found many gas seeps ascending from sea floor, those height exceeded 700 m from the sea floor. We recovered gas-rich sediment cores by a gravity and hydrostatic corers. Here, we report characteristics of sediment gas in this area.

Samples of sediment gas, mainly dissolved gases in pore water, were obtained by a headspace gas method. 10 mL sediment was sampled from the sediment core by a plastic syringe (volume: 5 mL) and put into a 25 mL vial. 10 mL NaCl aqueous solution was introduced into the vial by using a micropipette and sealed employing a butyl rubber septum to make a headspace (5 mL volume). To avoid any changes in the headspace, preservative (benzalkonium chloride, BKC) was added and the headspace part was flushed by helium. We roughly checked gas composition of sediment gases onboard using a portable gas chromatograph, and after that we measured the molecular and isotopic compositions of headspace gases using another gas chromatograph and CF-IRMS in our laboratory.

Concentration of C_1 increased with depth, and exceeded 1 [mM] in the bottom of some sediment cores (C008-GC1403, C046-GC1702, and C061-GC1803), indicating that their depths of SMI (sulfate-methane interface) were small and active gas seep existed at the sea floor. The minimum SMI depth was 50 [cmbsf] in C008-GC1403. C_1 / (C_2 + C_3) in these gas-rich layer was from 300 to 700. Concentration of H_2S exceeds 1 [mM] in the bottom of sediment cores. These results indicate that microbial gas is supplied from lower layer and AOM (anaerobic oxidation of methane) processes is active in beneath the sea floor. C_1 $\delta^{13}C$ profiles showed minimum values (lower than -100‰) at the SMI depth in C061-GC1803. C_2 $\delta^{13}C$ distributed between -55‰ and -30‰, suggesting that C_2 seems also microbial origin.

Reference

Hayashi M, Saeki T, Inamori T, Noguchi S (2010) The distribution of BSRs related to methane hydrates, offshore Japan. J Jpn Assoc Petrol Technol 75(1): 42-53

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

キーワード：ガスハイドレート、メタン、太平洋
Keywords: gas hydrate, methane, the Pacific Ocean

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

ロシア沿海地方沖の堆積物間隙水の地球化学的特徴
Geochemistry of pore water and gas in shallow sediments from offshore Primorsky Krai, Russia

*横山 武蔵[1]、戸丸 仁[1]、松本 良[2]、Snyder Glen[2]、Yatsuk A.V.[3]、Shvalov D.A[3]
*Musashi Yokoyama[1], Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2], Glen Snyder[2], A.V. Yatsuk[3], D.A Shvalov[3]

1. 千葉大学理学部地球科学科、2. 明治大学研究知財戦略機構、3. ロシア科学アカデミー極東支部太平洋海洋学研究所
1. Department Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University, 3. Gas Geochemistry Laboratory, V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute

近年の海洋調査で、日本海東縁の海域には表層型メタンハイドレートの形成を支持するガスチムニー構造が数多く見つかっている。ロシア沿海地方沖はガスチムニーが発達する日本海辺縁域の北端部に位置し、日本海盆とタタールトラフが接する。本研究では日本海盆北縁からタタールトラフ南西部まで海域の、ガスチムニーを含む様々な水深から採取された堆積物間隙水とヘッドスペースガスの化学分析結果から、この海域に分布するガスチムニー構造の地球化学的な特徴を明らかにすることを目的とした。調査はロシア沿海地方沖の南部と北部の二つの海域で行われ、重力コアラーを使用して堆積物を回収した。調査期間中に同時に行われたSCSによる調査では、南部の海域には明瞭なガスチムニー構造はほとんど認められず、コアは水深（陸からの距離）や緯度（SCSの測線）の異なる地点から採取された。一方、北部の海域では、複数の顕著なガスチムニーが認められ、その周辺からもコアが採取された。

間隙水中の硫酸イオンは堆積物深部から供給されるメタンを酸化するため、海底面直下で濃度が急激に低下する。メタンフラックスが大きくなれば硫酸イオンの濃度勾配は大きくなり、より浅部に硫酸ーメタン境界（sulfate-methane interface: SMI）が出現する。両海域とも硫酸イオンは深度ともに直線状に減少していたが、全体的に北部の海域の方が南部にくらべてSMI深度が浅く、メタンフラックスが大きいことが明らかになった。これは、大陸（調査海域西方のロシア沿海地方）よりも、タタールトラフに沿って供給された有機物が、メタンの主な起源となっているためであると考えられる。

また、特に北部のガスチムニー直上で採取したコアでメタンフラックスが大きかったが、水深が浅いガスチムニーで特にメタンフラックスが大きい傾向が見られた。これは、トラフ底の堆積物深部で生成したメタンが間隙率の高い地層に沿って西側の斜面を上昇し、圧力の低下とともに相対的な濃度が上昇してガスチムニーを作っている可能性を示唆する。
南部ではガスチムニーサイトの数も少ないが、間隙水溶存ガスがリファレンスサイトと同等かそれ以下の濃度を示しており、南部の海域においてはガスチムニーが相対的にガスの供給源として非活発的である可能性が示唆された。さらに北部ではSMI深度が浅い、ガスチムニーサイトであるなどの共通点を持つコア同士でも濃度に差が表れたことから、水深や堆積環境によって堆積物中におけるガスの滞留のしやすさが異なっていると考えられる。ガスのC1/C2比は表層付近で小さな値を示すコアが多く見られ、これはAOMによってメタンのみが選択的に消費されたことが原因である。また、北部ではSMI深度付近でスパイク状に上昇するコアがいくつか見られた。これはSMI付近で微生物により、メタン生成が行われている可能性が考えられる。

キーワード：ガスチムニー、メタン
Keywords: gas chimney, methane

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

日本海東縁とロシア沿海州沖の後期第四紀有機炭素濃度変動
Late Quaternary Total Organic Carbon fluctuation in the eastern Japan Sea and offshore of the Russian maritime provinces

*平野 勇太[1]、坂本 響祐[1]、石田 直人[2]、海老沼 孝郎[2]、瀬戸 浩二[3]、松本 良[4]
*Yuta Hirano[1], Kyousuke Sakamoto[1], Naoto Ishida[2], Takao Ebinuma[2], Koji Seto[3], Ryo Matsumoto[4]

1. 鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科博士前期課程工学専攻メタンハイドレート科学コース、2. 鳥取大学工学研究科メタンハイドレート科学コース、3. 島根大学エスチュアリー研究センター、4. 明治大学ガスハイドレート研究所
1. Graduate School of Sustainability Science Methane Hydrate Course ,Tottori University, 2. Tottori Univ., 3. Shimane Univ., 4. Meiji Univ.

日本海南部～東部は対馬暖流の影響下にあり，生物生産量の高い海域である．日本海の表層で生成された有機炭素は沈降して堆積物中に固定され，埋没を経て，やがては炭化水素の供給源になる．過去の生物生産量を反映するとされる堆積物中の有機炭素濃度について，日本海東縁とロシア沿海州沖で採取されたコアに記録された後期第四紀の変動を報告する．

メタンハイドレートの生成にはメタンが必要不可欠である．メタンは，堆積物中に含まれている有機物が熱分解生成（熱分解起源），及び，微生物活動により生成して（微生物起源），堆積物深部から表層へ上昇する．そこで，表層型メタンハイドレート賦存海域である日本海において，堆積物中の全有機炭素量（TOC），全窒素（TN），および全硫黄（TS）の３成分の濃度を測定し，有機炭素濃度の変動，および有機物の起源を明らかにする．

本研究で用いた試料は，日本海南部の隠岐トラフ（PC1606），新潟県沖の最上トラフ南部（PC1726），日本海北部の沿海州沖のプリモーリエ沖北部～タタールトラフ（Lv81-35GC）の海域から採取した．各コアの年代幅はPC1606が59ka以降，PC1726が17ka以降，Lv81-35GCが42ka以降である．

分析には島根大学エスチュアリー研究センターに設置されているCNS分析装置を使用した．分析試料には，110℃のホットプレートで乾燥した約１gの堆積物試料を均質化するためにメノウ乳鉢で粉末化し，これから10mgを銀製の容器に取り分け，塩酸（３％）を滴下し炭酸塩成分を除去した後に蒸発乾固させた試料を錫製の容器で包んだものを用いた．各成分の濃度は乾燥試料中の重量%として求めた．

いずれのコアもTNとTOCの関係には良い相関が見られ，C/Nの値はほぼ６から10の間に収まっている．これは，どのコアの有機炭素も主に海洋プランクトン起源であることを示している．一方でTSとTOCの関係には相関が見られず，C/Sの値は0.2から10以上まで幅広い値を取る．硫黄の堆積物への固定は有機炭素とは異なる過程を経ていることがわかる．PC1606のTOC濃度変動は，6ka付近から現代までは2.4%程度で安定しているが，10ka前後に4%近いピークがあり，最終氷期最盛期にあたる20ka付近では1%前後の低い値となっている．最終氷期最盛期には日本海の循環が停滞して深層水が貧酸素化したことで，海洋表層から沈降した有機物が堆積物中に保存されやすい条件にあったが，この期間にTOC濃度が低下しているということは，日本海南部の基礎生産そのものが低下していたと考えられる．また，最終氷期以降の急激な温暖化に伴って日本海の循環が活発化し，深層の栄養塩が表層にもたらされたことで，10ka前後に一時的な基礎生産が増大した可能性がある．

最終氷期の海退期にあたる30から60kaにTOC濃度は１～3.5%の範囲で変動しており増加と減少を繰り返している．ATテフラ層準の30kaにはTOC濃度が0.2%まで急激に落ち込み，その後3kyr程度の時間を要して１%代まで回復する．南九州で発生した巨大噴火が日本海南部の基礎生産に大きな影響を与えたことが明瞭である．テフラに随伴したTOC濃度の急減は10ka付近（U-Oki）や53ka付近（テフラ未同定）にも見られる．

上越沖の研究事例では，TOC濃度変動が全体的な古気候変動と同調していることが指摘されている（Urabe et al., 2014）．隠岐トラフのPC1606に見られるTOC変動は，上越沖のTOC変動と酷似している．隠岐トラフと上越沖の基礎生産や有機物の保存条件は，少なくとも過去数万年間は同様な過程をたどったと考えられる．

一方，最上トラフ南部のPC1726や沿海州沖のLv81-35GCに記録されたTOC濃度変動は，最終氷期最盛期前後に１%程度の低い値を取る点はPC1606と一致するが，PC1606に見られた10ka前後のピークが不明瞭であ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

る．最終氷期最盛期には日本海全域で基礎生産量が低下したが，その後の温暖化に対する基礎生産の応答は海域によって異なっていた可能性がある．

キーワード：全有機炭素量、日本海、後期第四紀、表層型メタンハイドレート
Keywords: Total Organic Carbon, Japan Sea, Late Quaternary, Shallow type methane hydrate

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical behavior of carbon in shallow sediment within the gas chimney in Hidaka Trough, offshore Hokkaido

間々田 剛志[1]、*戸丸 仁[1]、松本 良[2]
Tsuyoshi Mamata[1], *Hitoshi Tomaru[1], Ryo Matsumoto[2]

1. 千葉大学大学院融合理工学府、2. 明治大学研究・知財戦略機構ガスハイドレート研究所
1. Department of Earth Sciences, Chiba University, 2. Gas Hydrate Research Laboratory, Meiji University

The Hidaka Trough, offshore Hokkaido, has recently been characterized by subsurface gas chimney structures associated with mound/pockmark topography and methane plume, which indicate an intensive gas migration from deep sediments to the surface area. In the region where remarkable gas chimneys are developed such as in offshore Joetsu, shallow marine sediments are characterized by the precipitation of authigenic carbonate, massive gas hydrates and development of chemotrophs because of high methane concentration near the seafloor. In these environments, anaerobic oxidation of methane utilizes both methane and sulfate, resulting in sulfate depleted in shallow sediment. Inorganic carbon generated by methane oxidation does not incorporate only with calcium ion to form carbonate but also is reduced by microbially-mediated methanogenic reaction. Carbon is therefore a key substance near the depth of sulfate methane interface (SMI) in high methane flux area. This study aims to figure out the chemical reaction associated with carbon, which characterizes geochemical environment in shallow sediments, by analyzing concentrations of dissolved ions and hydrocarbons, and stable isotopic composition ($\delta^{13}C$) of dissolved carbons collected from shallow sediments with gas chimney structures in the Hidaka Trough, offshore Hokkaido.
In the area of calyptogena community, the SMI locates at shallow depth and indicates reductive environment is established because of sulfate depletion. The sulfate is depleted at shallower depth in the area with carbonates near the seafloor, where the concentration of calcium ion is also lower than other areas. These results indicate carbonate formed at higher rate in the area with higher methane flux. Total organic carbon amount decrease with depth above the SMI, the residual organic matter in sediment generates methane at depth and enhances the methane flux toward the seafloor. Based on the composition of dissolved hydrocarbons and $\delta^{13}C$ of methane, although the methane is generally of biogenic origin over the research areas in the Hidaka Trough, the $\delta^{13}C$ of methane increase rapidly with depth on the mound center, indicating thermogenic methane predominantly migrate from deeper sediments at the site. Biogeochemical behavior of carbon varies not only among sampling sites but also among relative locations on the single gas chimney structure.

キーワード：硫酸ーメタン境界、ガスチムニー、日高トラフ
Keywords: SMI, gas chimney, Hidaka Trough

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_27

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

Design of C-band polarimetric phased array weather radar

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1]
*Kento Nakamura[1], Hiroshi Kikuchi[2], Tomoaki Mega[1], Tomoo Ushio[1]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学
1. Tokyo metropolitan university, 2. The University of Electro-Communications

Most of the severe phenomena, such as a tornado, a downburst, and microburst, are caused by locally generated cumulonimbus cloud in a short time. In order to observe the evolution of the inner structure of the rain cloud that changes on a scale of several minutes, a weather radar with higher spatiotemporal resolution is needed.
A weather radar with polarimetric observations can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and improve weather forecasts. As a next radar development project, we plan to develop a polarimetric weather phased array weather radar. It is expected that the future phased array radar will achieve a polarimetric capability. The transmitted frequency of the under consideration radar is C-band (5GHz).
It is capable of measuring the 3-D rainfall distribution in less than 1 min in a range of several hundred kilometers, respectively.However, it is difficult to maintain high accuracy of observation of polarimetric phased array weather radar because of the following topics.
1) the effect of deterioration of the antenna characteristics, which are formed by the digital beam forming, in oblique direction are deteriorated. 2) the performance of the cross polarization discrimination, which is performance to distinguish between horizontal waves and vertical waves, are reduced in oblique direction. These problems caused the ununiformity of the accuracy of rainfall estimates.In this paper, we proposed the design of C-band antenna elements and array antennas. We designed the three type of the antenna array, which are a planner, a cylinder, and a semi-spherical types. And also a numerical simulation was conducted to evaluate the accuracy of rainfall estimates using three different arrays.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

Examination of Improving the Precision of Ionospheric F-Layer Electron Density Estimation Using Thunder-origin Whistler Wave

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2]
*Shu Hirai[1], Shogo Kanazawa[1], Yasuhide Hobara[1], Jean-Louis Pincon[2]

1. 電気通信大学、2. LPC2E/CNRS
1. The University of Electro-Communications, 2. LPC2E/CNRS

電離層は，太陽活動や大気中の気象現象などにより時間的，空間的に大きく変動する．電離層を構成する電子密度の変動は，GPS等の測位誤差や，通信の不安定性を引き起こすことが知られており，全球にわたる電離層の時空間的な状態の調査は工学的にも重要な課題である．電離層の電子密度測定には様々な方法があるが，いずれも地上観測がベースとなっているため，陸地から遠く離れた海上における電子密度データを得ることは困難である．全球にわたって電子密度データを得るために，本研究では地上，海上の両方に発生する雷起源のホイスラー波を用いた最も電子密度の高い，電離層F層の電子密度推定法に注目する．先行研究では，中緯度以上での電子密度推定値は電離層のモデル(IRI)とほぼ一致が見られたが，低緯度においては大きな差が生じた．その原因として，雷を衛星直下に発生したと仮定していたため，実際の伝搬距離を過小評価した結果，電子密度推定値を過大評価した可能性があげられる．

そこで，本研究の目的は，ホイスラー波を用いた電離層F層の電子密度推定精度の向上の可能性を調査することである．具体的には，低高度衛星DEMETERによって観測された磁界3成分のデータを用い，ホイスラー波の方向探査を行う．ホイスラー波到来方向から電離層内における伝搬経路を正確に推定し，伝搬距離を考慮することで，特に低緯度における電子密度推定精度の向上を目指す．

キーワード：ホイスラー、電子密度、電離層
Keywords: whistler, electron density, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動
Rn flux anomaly and local seiemicity around Asahi station,Boso,Japan

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5]
*Haruna Kojima[1], Katsumi Hattori[2], Chie Yoshino[2], Michikuni Shimo[3], Toshiharu Konishi[4], Ryuichi Furuya[5]

1. 千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 藤田保健衛生大学、4. 応用光研株式会社、5. コムシステム株式会社
1. Graduate School of Science and Engineering,Chiba University, 2. Department of Earth Sciences,Graduate School of Scince, 3. Fujita Health University, 4. OHYO KOKEN KOGYO Co.,Ltd, 5. COM SYSTEM Inc.

近年、地震に先行する電離層異常や衛星赤外異常などの電磁気学的な地震前兆現象が多く報告されている。これらの前兆現象と地震を結びつける理論として地圏ー大気圏ー電離圏結合（LAIC）が提案されている。本研究では、旭観測点にて大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度の同時観測を行い、LAICの化学チャネルについて観測学的検証を行っている。大気電気パラメータは主に気象要素の影響を受けるため、これらの影響を除去する必要がある。我々はMSSA(マルチチャンネル特異スペクトル解析)を用いて、地中ラドン濃度から気象による影響を除去し、地中からのRnフラックスを推定し、フラックスの変動と地震との関連について調査した。地震のパラメータとして観測点から50kmおよび100kmの累積地震モーメントとEs指数（観測点の感じる1日あたりの地震エネルギー）を用いて解析を行った結果、Rnフラックスの変動は、観測点近傍の地震活動と相関があることがわかった。この結果から、地中ラドン濃度のモニタリングは地域的な地震活動を監視する指標として有効であるといえる。より詳細な調査のために、地中ラドン濃度のネットワーク観測などを実施し、Rnフラックス変動の地震のマグニチュード依存性や距離依存性等の関係を調査する必要がある。

キーワード：地圏-大気圏-電離圏結合、大気電場、大気イオン濃度、地中ラドン濃度
Keywords: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, atmospheric electric field, atmospheric ion concentration, ground Rn concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

Study on electric energy derivation of lightning using optical observation of lightning from TRMM tropical rainfall observation satellite

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1]
*Hirata Kodai[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroshi Kikuchi[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

雷に関する研究は250年以上以前から行われており，現在までに多くの科学的な発見がなされている．雷は地球規模で発生する大気中の電気現象であり，その電気的特性は雷放電現象を物理的，光学的に理解するために非常に大切なパラメータである．落雷電荷モーメントQdsは雷の電気的特性のうち雷のエネルギーの大きさを表すことができるパラメータであり，その大きさは雷による風力発電所の風車の破損や電力線の用船といった地上設備への被害や山火事などの自然災害の被害に影響を与えることが分かりつつある．このQdsの導出について，雷放電が発生する際に放射される電磁波を地上観測施設から観測することでQdsを遠隔導出できる方法があり，とりわけ，低周波のELF帯の周波数領域に現れるELF帯トランジェントを観測することでQdsを推定する研究が進んでいる．さらに近年，国際宇宙ステーションISSに搭載された光学観測機器フォトメタPHにより雷の発光強度とQdsの対応を調査することで雷放電の発光の強さからQdsの推定を行う研究が行われている．この方法では，世界中で発生した雷放電について全球にわたって一様な精度でQdsを算出できることが期待されている．しかし，PHの運用期間は3年間と短いため長期間の統計には向いていない．そこで，本研究においては，1997年~2015年までの19年間運用されていた熱帯降雨観測衛星TRMMに搭載されていた雷光学観測機器であるLISから得られた雷発光強度のデータとELF帯電磁波系地上観測データから得られた落雷電荷モーメントQdsの間の相関関係を導出して全球に渡る光学観測にわたる光学観測によるQdsの導出可能性の調査を行った．

実際に解析を行った結果，雷発光強度と落雷電荷モーメントQdsの間には相関係数0.9程度の強い正の相関があることが示された．このことから，雷発光強度の値から落雷電荷モーメントQds推定が期待できることが示された．今後は，，雷発光強度からの落雷電荷モーメントQds導出の精度向上の工夫を行い，また，19年間にわたるLISによる雷の光学観測のデータをもとに世界雷の落雷電荷モーメントQdsの時空間分布を導出しその特性を調査する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-IS ジョイント

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_46

[M-IS27] 大気電気学：大気電気学研究の自然災害軽減への応用

コンビーナ:芳原 容英(電気通信大学　大学院情報理工学研究科)、鴨川 仁(東京学芸大学教育学部物理学科)

近年日本国内はもとより世界各国で気候変動や地震等による自然災害が多発しています。
特に，H30年度の日本各地での集中豪雨による洪水や北海道やインドネシアでの地震などは人的，経済的な影響も大きく記憶に新しい。
本年の大気電気学セッションは，自然災害に焦点を当て，大気電気学分野の科学的な知見を自然災害の監視，予測や，軽減へ活かす試み等を大気電気各分野における第一人者から分かりやすく解説していただきます。たとえば，最新型レーダーや，雷観測等による極端気象の監視や予測，地震に先行する大気電気現象等が挙げられます。また，当該分野における最新の研究報告も歓迎します。もちろん，例年の大気電気学に関する全て のトピックも歓迎します。 例えば，雷放電や中間圏発光現象や高いエネルギー現象に関連する観測的，理論的研究、積乱雲に関する研究，雷観測技術，大気イオン・エアロゾル関連など大気中の電磁気現象や電波伝搬を含む地球周辺電磁環境に関連するすべての研究を対象とします。

[MIS27-P01] Design of C-band polarimetric phased array weather radar

★Invited Papers

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1] (1.首都大学東京、2.電気通信大学)

[MIS27-P02] 雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2] (1.電気通信大学、2.LPC2E/CNRS)

[MIS27-P03] 房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5] (1.千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2.千葉大学大学院理学研究院、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研株式会社、5.コムシステム株式会社)

[MIS27-P04] 熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1] (1.電気通信大学)

Design of C-band polarimetric phased array weather radar

*中村 賢人[1]、菊池 博史[2]、妻鹿 友昭[1]、牛尾 知雄[1]
*Kento Nakamura[1], Hiroshi Kikuchi[2], Tomoaki Mega[1], Tomoo Ushio[1]

1. 首都大学東京、2. 電気通信大学
1. Tokyo metropolitan university, 2. The University of Electro-Communications

Most of the severe phenomena, such as a tornado, a downburst, and microburst, are caused by locally generated cumulonimbus cloud in a short time. In order to observe the evolution of the inner structure of the rain cloud that changes on a scale of several minutes, a weather radar with higher spatiotemporal resolution is needed.
A weather radar with polarimetric observations can provide multi-parameter measurements that reveal detailed microphysics of storms in addition to accurate precipitation estimation, and improve weather forecasts. As a next radar development project, we plan to develop a polarimetric weather phased array weather radar. It is expected that the future phased array radar will achieve a polarimetric capability. The transmitted frequency of the under consideration radar is C-band (5GHz).
It is capable of measuring the 3-D rainfall distribution in less than 1 min in a range of several hundred kilometers, respectively.However, it is difficult to maintain high accuracy of observation of polarimetric phased array weather radar because of the following topics.
1) the effect of deterioration of the antenna characteristics, which are formed by the digital beam forming, in oblique direction are deteriorated. 2) the performance of the cross polarization discrimination, which is performance to distinguish between horizontal waves and vertical waves, are reduced in oblique direction. These problems caused the ununiformity of the accuracy of rainfall estimates.In this paper, we proposed the design of C-band antenna elements and array antennas. We designed the three type of the antenna array, which are a planner, a cylinder, and a semi-spherical types. And also a numerical simulation was conducted to evaluate the accuracy of rainfall estimates using three different arrays.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

雷起源ホイスラー波を用いた電離層F層電子密度の推定における精度向上の検討

Examination of Improving the Precision of Ionospheric F-Layer Electron Density Estimation Using Thunder-origin Whistler Wave

*平井 周[1]、金澤 璋吾[1]、芳原 容英[1]、Jean-Louis Pincon[2]
*Shu Hirai[1], Shogo Kanazawa[1], Yasuhide Hobara[1], Jean-Louis Pincon[2]

1. 電気通信大学、2. LPC2E/CNRS
1. The University of Electro-Communications, 2. LPC2E/CNRS

電離層は，太陽活動や大気中の気象現象などにより時間的，空間的に大きく変動する．電離層を構成する電子密度の変動は，GPS等の測位誤差や，通信の不安定性を引き起こすことが知られており，全球にわたる電離層の時空間的な状態の調査は工学的にも重要な課題である．電離層の電子密度測定には様々な方法があるが，いずれも地上観測がベースとなっているため，陸地から遠く離れた海上における電子密度データを得ることは困難である．全球にわたって電子密度データを得るために，本研究では地上，海上の両方に発生する雷起源のホイスラー波を用いた最も電子密度の高い，電離層F層の電子密度推定法に注目する．先行研究では，中緯度以上での電子密度推定値は電離層のモデル(IRI)とほぼ一致が見られたが，低緯度においては大きな差が生じた．その原因として，雷を衛星直下に発生したと仮定していたため，実際の伝搬距離を過小評価した結果，電子密度推定値を過大評価した可能性があげられる．

そこで，本研究の目的は，ホイスラー波を用いた電離層F層の電子密度推定精度の向上の可能性を調査することである．具体的には，低高度衛星DEMETERによって観測された磁界3成分のデータを用い，ホイスラー波の方向探査を行う．ホイスラー波到来方向から電離層内における伝搬経路を正確に推定し，伝搬距離を考慮することで，特に低緯度における電子密度推定精度の向上を目指す．

キーワード：ホイスラー、電子密度、電離層
Keywords: whistler, electron density, ionosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

房総旭観測点近傍の地震活動と地中ラドン濃度変動
Rn flux anomaly and local seiemicity around Asahi station,Boso,Japan

*小島 春奈[1]、服部 克巳[2]、吉野 千恵[2]、下 道國[3]、小西 敏春[4]、古屋 隆一[5]
*Haruna Kojima[1], Katsumi Hattori[2], Chie Yoshino[2], Michikuni Shimo[3], Toshiharu Konishi[4], Ryuichi Furuya[5]

1. 千葉大学大学院融合理工学府地球環境科学専攻地球科学コース、2. 千葉大学大学院理学研究院、3. 藤田保健衛生大学、4. 応用光研株式会社、5. コムシステム株式会社
1. Graduate School of Science and Engineering,Chiba University, 2. Department of Earth Sciences,Graduate School of Scince, 3. Fujita Health University, 4. OHYO KOKEN KOGYO Co.,Ltd, 5. COM SYSTEM Inc.

近年、地震に先行する電離層異常や衛星赤外異常などの電磁気学的な地震前兆現象が多く報告されている。これらの前兆現象と地震を結びつける理論として地圏ー大気圏ー電離圏結合（LAIC）が提案されている。本研究では、旭観測点にて大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度の同時観測を行い、LAICの化学チャネルについて観測学的検証を行っている。大気電気パラメータは主に気象要素の影響を受けるため、これらの影響を除去する必要がある。我々はMSSA(マルチチャンネル特異スペクトル解析)を用いて、地中ラドン濃度から気象による影響を除去し、地中からのRnフラックスを推定し、フラックスの変動と地震との関連について調査した。地震のパラメータとして観測点から50kmおよび100kmの累積地震モーメントとEs指数（観測点の感じる1日あたりの地震エネルギー）を用いて解析を行った結果、Rnフラックスの変動は、観測点近傍の地震活動と相関があることがわかった。この結果から、地中ラドン濃度のモニタリングは地域的な地震活動を監視する指標として有効であるといえる。より詳細な調査のために、地中ラドン濃度のネットワーク観測などを実施し、Rnフラックス変動の地震のマグニチュード依存性や距離依存性等の関係を調査する必要がある。

キーワード：地圏-大気圏-電離圏結合、大気電場、大気イオン濃度、地中ラドン濃度
Keywords: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling, atmospheric electric field, atmospheric ion concentration, ground Rn concentration

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

熱帯降雨観測衛星TRMMからの雷の光学観測を用いた雷の電気エネルギー導出に関する研究

Study on electric energy derivation of lightning using optical observation of lightning from TRMM tropical rainfall observation satellite

*平田 浩大[1]、芳原 容英[1]、菊池 博史[1]
*Hirata Kodai[1], Yasuhide Hobara[1], Hiroshi Kikuchi[1]

1. 電気通信大学
1. The University of Electro-Communications

雷に関する研究は250年以上以前から行われており，現在までに多くの科学的な発見がなされている．雷は地球規模で発生する大気中の電気現象であり，その電気的特性は雷放電現象を物理的，光学的に理解するために非常に大切なパラメータである．落雷電荷モーメントQdsは雷の電気的特性のうち雷のエネルギーの大きさを表すことができるパラメータであり，その大きさは雷による風力発電所の風車の破損や電力線の用船といった地上設備への被害や山火事などの自然災害の被害に影響を与えることが分かりつつある．このQdsの導出について，雷放電が発生する際に放射される電磁波を地上観測施設から観測することでQdsを遠隔導出できる方法があり，とりわけ，低周波のELF帯の周波数領域に現れるELF帯トランジェントを観測することでQdsを推定する研究が進んでいる．さらに近年，国際宇宙ステーションISSに搭載された光学観測機器フォトメタPHにより雷の発光強度とQdsの対応を調査することで雷放電の発光の強さからQdsの推定を行う研究が行われている．この方法では，世界中で発生した雷放電について全球にわたって一様な精度でQdsを算出できることが期待されている．しかし，PHの運用期間は3年間と短いため長期間の統計には向いていない．そこで，本研究においては，1997年~2015年までの19年間運用されていた熱帯降雨観測衛星TRMMに搭載されていた雷光学観測機器であるLISから得られた雷発光強度のデータとELF帯電磁波系地上観測データから得られた落雷電荷モーメントQdsの間の相関関係を導出して全球に渡る光学観測にわたる光学観測によるQdsの導出可能性の調査を行った．

実際に解析を行った結果，雷発光強度と落雷電荷モーメントQdsの間には相関係数0.9程度の強い正の相関があることが示された．このことから，雷発光強度の値から落雷電荷モーメントQds推定が期待できることが示された．今後は，，雷発光強度からの落雷電荷モーメントQds導出の精度向上の工夫を行い，また，19年間にわたるLISによる雷の光学観測のデータをもとに世界雷の落雷電荷モーメントQdsの時空間分布を導出しその特性を調査する．

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 13:45 ~ 15:15 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_9

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] **Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ**

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討
Microstratigraphy of hydrogenetic ferromanganese crusts in the Takuyo-Daisan and -Daigo seamounts

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1]
*Akira Usui[1], An-na Nagaoka[2], Michiko Kawamura[1]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University

北西太平洋,拓洋第３海山および拓洋第５海山の基底～山頂斜面において,ROV「かいこう」で採取したマンガンクラストに基づき,色調,構造,微細構造,鉱物・元素の組成から微細層序を組み立てた．基盤岩から表層まで連続的なサンプルのみを選定して微細成長構造タイプを確立し,その積層パターンを記載することが目標である．本試料は若い方から,1)黒褐色層,2)空隙を伴う黒色層,3)緻密な黒色層の3つに分帯できたが,肉眼観察による層序区分は不充分であった．むしろ,砕屑物や粘土の含有量と層区分に対応関係が認められる．層1)には粗粒の鉱物粒子は見られず,細粒の石英などが微細構造の間隙を充填している． 層1)は鮮新世に生成したと推定され,砂質有孔虫らしい微化石を囲むように細粒の鉱物粒子が集合しており,層2)の下限は7－11Maである．これらの積層パターンの一部は海山間あるいは斜面全体に対比できるものもあり,広域的環境変化および局地的変化の双方を記録しているのではないかと考える

キーワード：マンガンクラスト、微細層序、海山
Keywords: ferromanganese crust, microstratigraphy, seamount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

Manganese Crusts with Super Smooth Surface (3S Manganese Crusts) observed at Takuyo No.3 Seamount, Northwest Pacific

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2]
*Masaki Saito[1], Takashi Ito[2]

1. 茨城大学大学院教育学研究科、2. 茨城大学教育学部
1. Graduate School of Education,Ibaraki University, 2. Department of Education,Ibaraki University

北西太平洋に位置している拓洋第３海山において，海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）の研究航海KR17-07C（2017年4月23日～2017年5月1日），KR18-11C（2018年8月11日～2018年9月3日）が実施された．遠隔操作型無人探査艇（ROV）「かいこう」を用いた調査によって，拓洋第３海山の斜面全体にマンガンクラストが広がっており，厚い酸化物層を持っていることが明らかとなった．さらに，マンガン酸化物の表面が極めて肌理細かく平滑な面をもつクラストが複数観察された．これまでマンガン酸化物の表面構造はs（平滑：smooth）型とr（粗：rough）型の2つに分類されており，一般にクラストはs型とされてきた．しかし，今回観察された平滑面は明らかに周囲のクラストの表面構造とは異なっており，新たな分類が必要となる可能性がある．

本研究では，この超平滑面を持つマンガンクラストの分布の特徴，および表面構造について予察的な検討を行った。分布の特徴の検討には，JAMSTEC所有のROV「かいこうMk-IV」に搭載されているデジタルスチルカメラで撮影された画像データを用いた．これらの画像は，潜航中に船上オペレーターがランダムにシャッターを切ったものである．解析はKR17-07C航海中に撮影された画像を1枚ずつ確認し，超平滑面を持つクラストを目視できた画像をカウントした．超平滑面を持つかどうかは，画像内においてROVのライトの光が反射されることで黒光りしているかどうかで判断した．また，超平滑面を持つクラストの分布頻度の目安として，調査時間あたりの画像枚数を計測し，その深度における頻度（枚/min）も産出した．

画像解析の結果，拓洋第３海山において超平滑面をもつクラストの分布には明らかな水深依存性があり，水深1400～1600m付近に卓越し分布していることが明らかとなった．また，超平滑面はクラストの表面全体に広がっているわけではなく，クラストの側面部に多く見られた．

KR18-11C航海で採取された試料に対してSEM観察を行ったところ，超平滑面はそれ以外の部分の表面構造と明確な違いが見られた．超平滑面の表面はSEM観察のレベルにおいても，文字通り極めて平滑であるが，長さ数十μmほどの傷が多数ついていることも確認できた．この傷は一方方向からのみではなくランダムな分布に見えた．今後，超平滑面を持つクラストと通常のクラスト間で鉱物・化学組成等を比較検討するなど，超平滑面の形成過程などは明らかにしていく予定である．

キーワード：マンガンクラスト、拓洋第３海山、超平滑表面、3Sマンガンクラスト
Keywords: manganese crusts, Takuyo No.3 Seamount, Super Smooth Surface, 3S Manganese Crusts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3]
*Daiki Terauchi[1], Kentaro Nakamura[1], Ryo Shimomura[1], Koichi Horinouchi[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Shiki Machida[2,1], Yasuhiro Kato[1,2,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

Ferromanganese nodules are polymetallic concretion mainly composed of Mn- and Fe-oxyhydroxides with significant concentrations of valuable metals such as Ni, Cu and Co [1, 2]. The nodules can be found on deep-sea sediments worldwide, and their dense distribution has recently been discovered in the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3, 4].

It is well known that almost all ferromanganese nodules have nuclei, which clearly indicates that growth of a nodule generally starts on nucleus surface. Characterizing the nuclei of the nodules can, thus, provide important information on the conditions for the growth initiation of the nodules. Previous study [5] revealed that the nuclei of the nodules in the Minamitorishima EEZ can be classified into four types (nucleus I ~ IV), and that the majority of the nuclei is consolidated pelagic clay (nucleus I). However, detailed chemical characteristics of the nucleus I, as well as those of the other types of nuclei, have not yet been fully understood.

Here, we performed major and trace element analysis of the nuclei (especially of the nucleus I) in order to reveal their chemical features. In the presentation, we will show the results of the chemical characterization of the nuclei and then will discuss the origin of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ.

References
[1] Petersen et al. (2016) *Marine Policy,* **70**, 175–187, [2] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews*, **51**, 1–14, [3] Machida et al. (2016) *Geochemical Journal*, **50**, 539–555, [4] JAMSTEC press release, August 26, 2016, [5] Shimomura et al. (2018) *JpGU meeting 2018.*

キーワード：鉄・マンガンノジュール、核、固結した遠洋性粘土、化学組成、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, nuclei, consolidated pelagic clay, chemical composition, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

Micro X-ray fluorescence mapping for the whole cross-section of ferromanganese nodules in the western North Pacific

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1]
*Shiki Machida[1,2], Ryo Shimomura[2], Koichi Horinouchi[2], Kentaro Nakamura[2], Tetsu Kogiso[3], Yasuhiro Kato[2,1]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 京都大学
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. Kyoto University

A dense field of hydrogenous ferromanganese nodules was discovered on a small seamount approximately 300 km east of Minamitorishima (Marcus) Island, in the western North Pacific [1]. Previous study [1] defined two fundamental features on structure and geochemistry of nodules, as follows. The large nodules generally consist of three concentric layers: the outermost mottled (sediment-filled) layer L0; the massive black layer L1; and the innermost porous (sediment-filled) layer L2. Elements including Fe, Ti, and Co are concentrated in the nodule rim rather than the center. In contrast, Mn, Al, P, Ca, Ni, and Zn are concentrated in the center, and decrease toward the rim.

To further investigate the relationship between structure of oxide layers and its geochemical features, we conducted mapping analysis for polished slab of nodules including nuclei and whole layers of oxide by a microfocus X-ray fluorescence analytical microscope (XGT-7000; HORIBA) at Kyoto University. Analysis was conducted in vacuo, and the intensity of Si, Al, P, Ca, K, Mn, Fe, Ti, Ni, Cu, and Y were determined by an energy-dispersive spectrometer at an accelerating voltage of 50 kV, 100 μm beam, and intervals of approximately 160 μm.

We identified that L2 is further sub-divided into three layers, which correspond to layers obtained by X-ray CT [2]. The most inner part of L2 (around nuclei) is characterized by high intensity of Ti and Fe. In contrast, outer part of L2 is characterized by higher intensity of Mn than that of the inner part. Many spots of high intensity of P, Ca, and Y, indicating particles of calcium phosphate including highly amount of Y (and probably rare-earth elements), are observed in the entire area of L2. We found that L1 is clearly characterized by low Si. Furthermore, we observed thin layers showing high intensity of Cu and Ni at the sediment-filled boundaries between L1 and L2, and L1 and L0. Existence of such thin layers suggests that nodules were fully covered by pelagic sediment at the intervals before formation of L1 and L0.

References: [1] Machida et al. (2016) *Geochem. J.*50, 539-555. [2] Shimomura et al. (2018) *Goldschmidt Conference 2018*.

キーワード：マンガンノジュール、マイクロX線分析、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodule, micro X-ray analysis, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_48

[M-GI34] 海底マンガン鉱床の環境，開発，地球史

コンビーナ:臼井 朗(高知大学海洋コア総合研究センター)、高橋 嘉夫(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)、鈴木 勝彦(国立研究開発法人海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター)、伊藤 孝(茨城大学教育学部)

海底マンガン鉱床はマンガンクラスト，マンガン団塊などと呼ばれる酸化物の集合体である。コバルト，銅，ニッケル，レアアース，白金，テルルなどの潜在資源として注目され，将来の低品位大規模鉱床とみなされている。但し，その地域的な組成変化，時間的な組成変動などを規制する要因は明確にはなっていない。ここでは，地質学，鉱物学，古海洋学，地球化学，微生物学，海底物理工学などの専門家を交えて，海底マンガン酸化物の成長プロセス，金属濃集プロセス，金属の循環過程，成長史，成長環境，形成時期の解明に基づいて，マンガンクラスト，団塊の多様性の要因を総合的に議論する。

[MGI34-P01] 海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1] (1.高知大学海洋コア総合研究センター、2.高知大学大学院理学専攻地球科学分野)

[MGI34-P02] 北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2] (1.茨城大学大学院教育学研究科、2.茨城大学教育学部)

[MGI34-P03] **Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ**

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3] (1.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2.千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3.東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター)

[MGI34-P04] 北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1] (1.千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2.東京大学、3.京都大学)

海水起源マンガンクラストの成長構造,鉱物化学組成の微細層序学的検討
Microstratigraphy of hydrogenetic ferromanganese crusts in the Takuyo-Daisan and -Daigo seamounts

*臼井 朗[1]、長岡 杏奈[2]、川村 美智子[1]
*Akira Usui[1], An-na Nagaoka[2], Michiko Kawamura[1]

1. 高知大学海洋コア総合研究センター、2. 高知大学大学院理学専攻地球科学分野
1. Marine Core Research Center, Kochi University, 2. Graduate School of Science, Kochi University

北西太平洋,拓洋第３海山および拓洋第５海山の基底～山頂斜面において,ROV「かいこう」で採取したマンガンクラストに基づき,色調,構造,微細構造,鉱物・元素の組成から微細層序を組み立てた．基盤岩から表層まで連続的なサンプルのみを選定して微細成長構造タイプを確立し,その積層パターンを記載することが目標である．本試料は若い方から,1)黒褐色層,2)空隙を伴う黒色層,3)緻密な黒色層の3つに分帯できたが,肉眼観察による層序区分は不充分であった．むしろ,砕屑物や粘土の含有量と層区分に対応関係が認められる．層1)には粗粒の鉱物粒子は見られず,細粒の石英などが微細構造の間隙を充填している． 層1)は鮮新世に生成したと推定され,砂質有孔虫らしい微化石を囲むように細粒の鉱物粒子が集合しており,層2)の下限は7－11Maである．これらの積層パターンの一部は海山間あるいは斜面全体に対比できるものもあり,広域的環境変化および局地的変化の双方を記録しているのではないかと考える

キーワード：マンガンクラスト、微細層序、海山
Keywords: ferromanganese crust, microstratigraphy, seamount

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋拓洋第３海山で見られた超平滑表面を持つマンガンクラストについて

Manganese Crusts with Super Smooth Surface (3S Manganese Crusts) observed at Takuyo No.3 Seamount, Northwest Pacific

*齋藤 真輝[1]、伊藤 孝[2]
*Masaki Saito[1], Takashi Ito[2]

1. 茨城大学大学院教育学研究科、2. 茨城大学教育学部
1. Graduate School of Education,Ibaraki University, 2. Department of Education,Ibaraki University

北西太平洋に位置している拓洋第３海山において，海洋研究開発機構（以下JAMSTEC）の研究航海KR17-07C（2017年4月23日～2017年5月1日），KR18-11C（2018年8月11日～2018年9月3日）が実施された．遠隔操作型無人探査艇（ROV）「かいこう」を用いた調査によって，拓洋第３海山の斜面全体にマンガンクラストが広がっており，厚い酸化物層を持っていることが明らかとなった．さらに，マンガン酸化物の表面が極めて肌理細かく平滑な面をもつクラストが複数観察された．これまでマンガン酸化物の表面構造はs（平滑：smooth）型とr（粗：rough）型の2つに分類されており，一般にクラストはs型とされてきた．しかし，今回観察された平滑面は明らかに周囲のクラストの表面構造とは異なっており，新たな分類が必要となる可能性がある．

本研究では，この超平滑面を持つマンガンクラストの分布の特徴，および表面構造について予察的な検討を行った。分布の特徴の検討には，JAMSTEC所有のROV「かいこうMk-IV」に搭載されているデジタルスチルカメラで撮影された画像データを用いた．これらの画像は，潜航中に船上オペレーターがランダムにシャッターを切ったものである．解析はKR17-07C航海中に撮影された画像を1枚ずつ確認し，超平滑面を持つクラストを目視できた画像をカウントした．超平滑面を持つかどうかは，画像内においてROVのライトの光が反射されることで黒光りしているかどうかで判断した．また，超平滑面を持つクラストの分布頻度の目安として，調査時間あたりの画像枚数を計測し，その深度における頻度（枚/min）も産出した．

画像解析の結果，拓洋第３海山において超平滑面をもつクラストの分布には明らかな水深依存性があり，水深1400～1600m付近に卓越し分布していることが明らかとなった．また，超平滑面はクラストの表面全体に広がっているわけではなく，クラストの側面部に多く見られた．

KR18-11C航海で採取された試料に対してSEM観察を行ったところ，超平滑面はそれ以外の部分の表面構造と明確な違いが見られた．超平滑面の表面はSEM観察のレベルにおいても，文字通り極めて平滑であるが，長さ数十μmほどの傷が多数ついていることも確認できた．この傷は一方方向からのみではなくランダムな分布に見えた．今後，超平滑面を持つクラストと通常のクラスト間で鉱物・化学組成等を比較検討するなど，超平滑面の形成過程などは明らかにしていく予定である．

キーワード：マンガンクラスト、拓洋第３海山、超平滑表面、3Sマンガンクラスト
Keywords: manganese crusts, Takuyo No.3 Seamount, Super Smooth Surface, 3S Manganese Crusts

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Geochemical characteristics of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ

*寺内 大貴[1]、中村 謙太郎[1]、下村 遼[1]、堀之内 航一[1]、安川 和孝[1,2]、町田 嗣樹[2,1]、加藤 泰浩[1,2,3]
*Daiki Terauchi[1], Kentaro Nakamura[1], Ryo Shimomura[1], Koichi Horinouchi[1], Kazutaka Yasukawa[1,2], Shiki Machida[2,1], Yasuhiro Kato[1,2,3]

1. 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、2. 千葉工業大学次世代海洋資源研究センター、3. 東京大学大学院工学系研究科エネルギー・資源フロンティアセンター
1. Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 2. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 3. Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo

Ferromanganese nodules are polymetallic concretion mainly composed of Mn- and Fe-oxyhydroxides with significant concentrations of valuable metals such as Ni, Cu and Co [1, 2]. The nodules can be found on deep-sea sediments worldwide, and their dense distribution has recently been discovered in the Japanese exclusive economic zone (EEZ) around Minamitorishima Island [3, 4].

It is well known that almost all ferromanganese nodules have nuclei, which clearly indicates that growth of a nodule generally starts on nucleus surface. Characterizing the nuclei of the nodules can, thus, provide important information on the conditions for the growth initiation of the nodules. Previous study [5] revealed that the nuclei of the nodules in the Minamitorishima EEZ can be classified into four types (nucleus I ~ IV), and that the majority of the nuclei is consolidated pelagic clay (nucleus I). However, detailed chemical characteristics of the nucleus I, as well as those of the other types of nuclei, have not yet been fully understood.

Here, we performed major and trace element analysis of the nuclei (especially of the nucleus I) in order to reveal their chemical features. In the presentation, we will show the results of the chemical characterization of the nuclei and then will discuss the origin of the nuclei of ferromanganese nodules in the Minamitorishima EEZ.

References
[1] Petersen et al. (2016) *Marine Policy,* **70**, 175–187, [2] Hein et al. (2013) *Ore Geology Reviews*, **51**, 1–14, [3] Machida et al. (2016) *Geochemical Journal*, **50**, 539–555, [4] JAMSTEC press release, August 26, 2016, [5] Shimomura et al. (2018) *JpGU meeting 2018.*

キーワード：鉄・マンガンノジュール、核、固結した遠洋性粘土、化学組成、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodules, nuclei, consolidated pelagic clay, chemical composition, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

北西太平洋産マンガンノジュールの切断面に対するマイクロ蛍光X線マッピング

Micro X-ray fluorescence mapping for the whole cross-section of ferromanganese nodules in the western North Pacific

*町田 嗣樹[1,2]、下村 遼[2]、堀之内 航一[2]、中村 謙太郎[2]、小木曽 哲[3]、加藤 泰浩[2,1]
*Shiki Machida[1,2], Ryo Shimomura[2], Koichi Horinouchi[2], Kentaro Nakamura[2], Tetsu Kogiso[3], Yasuhiro Kato[2,1]

1. 千葉工業大学　次世代海洋資源研究センター、2. 東京大学、3. 京都大学
1. Ocean Resources Research Center for Next Generation, Chiba Institute of Technology, 2. University of Tokyo, 3. Kyoto University

A dense field of hydrogenous ferromanganese nodules was discovered on a small seamount approximately 300 km east of Minamitorishima (Marcus) Island, in the western North Pacific [1]. Previous study [1] defined two fundamental features on structure and geochemistry of nodules, as follows. The large nodules generally consist of three concentric layers: the outermost mottled (sediment-filled) layer L0; the massive black layer L1; and the innermost porous (sediment-filled) layer L2. Elements including Fe, Ti, and Co are concentrated in the nodule rim rather than the center. In contrast, Mn, Al, P, Ca, Ni, and Zn are concentrated in the center, and decrease toward the rim.

To further investigate the relationship between structure of oxide layers and its geochemical features, we conducted mapping analysis for polished slab of nodules including nuclei and whole layers of oxide by a microfocus X-ray fluorescence analytical microscope (XGT-7000; HORIBA) at Kyoto University. Analysis was conducted in vacuo, and the intensity of Si, Al, P, Ca, K, Mn, Fe, Ti, Ni, Cu, and Y were determined by an energy-dispersive spectrometer at an accelerating voltage of 50 kV, 100 μm beam, and intervals of approximately 160 μm.

We identified that L2 is further sub-divided into three layers, which correspond to layers obtained by X-ray CT [2]. The most inner part of L2 (around nuclei) is characterized by high intensity of Ti and Fe. In contrast, outer part of L2 is characterized by higher intensity of Mn than that of the inner part. Many spots of high intensity of P, Ca, and Y, indicating particles of calcium phosphate including highly amount of Y (and probably rare-earth elements), are observed in the entire area of L2. We found that L1 is clearly characterized by low Si. Furthermore, we observed thin layers showing high intensity of Cu and Ni at the sediment-filled boundaries between L1 and L2, and L1 and L0. Existence of such thin layers suggests that nodules were fully covered by pelagic sediment at the intervals before formation of L1 and L0.

References: [1] Machida et al. (2016) *Geochem. J.*50, 539-555. [2] Shimomura et al. (2018) *Goldschmidt Conference 2018*.

キーワード：マンガンノジュール、マイクロX線分析、南鳥島EEZ
Keywords: ferromanganese nodule, micro X-ray analysis, Minamitorishima EEZ

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 15:30 ~ 17:00 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_29

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4]
*Junko Kominami[1], Shigeru Ida[1], Junichiro Makino[2], Yota Ishigaki[5], Hiroshi Daisaka[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京工業大学、2. 神戸大学、3. 一橋大学、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Kobe University, 3. Hitotsubashi University, 4. JAXA, 5. Tokyo University

Most of the past N-body simulations started from initial conditions that were limited to radially narrow disks, for the limit of the particle number. However, several senarios have been proposed to expain the formation of Solar System, which includes the migration of planets radially with tens of AU. Hence, in order to construct the general formation scenario, we need to carry out simulations which cover the whole disk (~0.5AU - 40AU). We carried out the N-body simulation starting from planetesimal disk ranging from 0.5 - 40 AU. Surface density discontinuity at the ice line and the runaway gas accretion of the gas giant planets were included in the simulation. The initial number of particles was ~570000. Further investigation carrying out more simulations using different parameters are necessary. Here we introduce the first simulation that covers wide area of the disk.

キーワード：N体計算、太陽系、微惑星集積
Keywords: N-body simulation, Solar System, planetesimal accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み
Attempts at numerical modeling of 3-D mantle convection with magmatism and plate tectonics

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2]
*Masanori Kameyama[1,2], Masaki Ogawa[3,2], Takehiro Miyagoshi[2], Takatoshi Yanagisawa[2]

1. 国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Tokyo at Komaba

We are developing 3-D numerical models of mantle convection including the effects of mantle magmatism and plate tectonics, in order to deepen the insights into the thermo-chemical evolution of the mantles of terrestrial bodies. The mantle magmatism is modeled by the generation of liquid phase (magma) owing to the pressure-release melting induced by ascending flows of solid-state convection and the motion of the generated magma as a permeable flow through the solid matrix driven by a buoyancy due to the density difference between the solid and the liquid phases. The coherent motion of tectonic plates is, on the other hand, helped by the narrow zones of low viscosity within the highly viscous "lithosphere" along the top cold surface generated by the stress-history-dependent rheology. However, despite their crucial roles in controlling the overall flow structures, these two mechanisms are incompatible with the solid-state convection of the mantle in essence from the numerical aspects: the localized irregularities caused by them severely deteriorate the large-scale numerical solution of solid-state convection particularly by the multigrid method. In this presentation, we will show the current status and outcrops of our attempts to overcome the numerical difficulty, together with some examples of 3-D experiments running on massive (super)computers.

キーワード：岩石惑星、マントルダイナミクス、マントル内火成活動、プレートテクトニクス
Keywords: rocky planets, mantle dynamics, mantle magmatism, plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流
Surface zonal flows induced by anelastic thermal convection in a rapidly rotating spherical shell

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4]
*Youhei SASAKI[1], Shin-ichi Takehiro[2], Keiichi ISHIOKA[3], Takeshi Enomoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科数学教室、2. 京都大学数理解析研究所、3. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4. 京都大学防災研究所
1. Department of Mathematics, Kyoto University, 2. Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

木星型惑星(木星・土星)表層大気の力学的な特色である縞状パターンはこれまでに多くの大気科学研究者の関心を引いてきたが、現在のところ、これらの特徴を矛盾なく整合的に説明できる満足な力学的描像と理解は得られてはいない。本研究は、スーパーコンピュータを用いて、全球規模から微細規模対流までにわたる空間スケールを統一的にあつかう大規模数値計算を実行し、従来の数値モデルでは表現できなかった微細規模の対流や乱流の構造を解像し、木星型惑星大気に見られる表面流の大規模構造の力学的成因を解明することを目指している。

この目的のために、今回われわれは深さ方向の密度成層を考慮した回転球殻非弾性系熱対流モデルを構築し、その大規模並列化を行った。スペクトル変換ライブラリを緯度方向に加えて動径方向にもMPI並列を可能にすべく改良した。その結果、これまで緯度方向格子点数によって制限されていた並列処理の限界を伸ばすことに成功し、より大規模な並列計算が可能となった。

このように構築した回転球殻非弾性系熱対流モデルを用いて先行研究の一つである Gastine et al.(2014) の Case2 を追試し、さらに元論文よりも長時間の時間積分を実行した。その結果、時間積分が粘性拡散時間程度に短い場合には元論文と整合的な表面帯状流分布が得られたが、より長く積分すると高緯度の順行帯上流が発達し目立ってくる結果が得られた。 このことは、先行研究で得られている帯状流分布が統計的平衡状態でないことを示唆している。

キーワード：木星型惑星、非弾性系
Keywords: Jovian planets, anelastic system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア
Protostellar flares driven by accretion in protoplanetary disks

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3]
*Shinsuke Takasao[1], Kengo Tomida[2], Shinsuke Takasao[2], Takeru Suzuki[3]

1. 名古屋大学、2. 大阪大学、3. 東京大学
1. Nagoya University, 2. Osaka University, 3. University of Tokyo

X線観測から原始星は激しい爆発を頻発していることが知られており、惑星形成のビルディングブロックとなるコンドリュールの形成などに重要だという議論がある。その爆発現象は原始星フレアと呼ばれており、X線の光度曲線の振る舞いなどは太陽フレアと似ていることから太陽フレアと同様に磁気エネルギーを解放する爆発現象だと考えられている。しかしそのエネルギーは太陽フレアの100-100,000倍にも及び、この莫大なエネルギーから推測されるフレアのサイズは星半径を超える可能性がある。したがって、太陽フレアとは異なる機構でエネルギー蓄積が起きていると考えられる。しかしそのエネルギー蓄積機構やフレアの発生過程は未だ謎に包まれている。我々は原始星と降着円盤が相互作用する状況を３次元磁気流体シミュレーションで考察し、原始星フレアの発生機構を調べた。その結果、観測される原始星フレアのエネルギーと整合的な爆発を再現することに成功した。解析の結果、円盤降着が磁束を原始星に集める働きがありそれがフレアのエネルギー蓄積になることを発見した。本講演ではシミュレーション結果をもとに原始星フレアの発生機構について議論する。

キーワード：原始惑星系円盤、フレア
Keywords: protoplanetary disks, flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4]
*Yuto Katoh[1], Keiichiro Fukazawa[2], Takeshi Nanri[3], Yohei Miyake[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 京都大学学術情報メディアセンター、3. 九州大学情報基盤研究開発センター、4. 神戸大学大学院システム情報学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 3. Research Institute for Information Technology, Kyushu University, 4. Graduate School of System Informatics, Kobe University

We have been developing a cross-reference simulation code by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres. We use Advanced Communication Primitives (ACP; http://ace-project.kyushu-u.ac.jp/main/jp/01_overview/) library for the communication among the simulation codes, which enables us to carry out 'strong' cross-reference simulations; the data exchange among simulation codes is conducted by direct memory access, instead of file output as has been used in conventional 'weak' cross-reference simulations. By a series of electron-hybrid and MHD cross-reference simulations, we study the generation and propagation of whistler-mode chorus emissions in the planetary magnetosphere. Chorus emissions are electromagnetic plasma waves commonly observed in planetary magnetospheres and are a group of coherent wave elements changing their frequency in time. While the generation process of chorus has been reproduced by numerical experiments [e.g., Katoh and Omura, GRL 2007a] and has been explained by the nonlinear wave growth theory [Omura et al., JGR 2008, 2009], previous studies revealed similarities and differences of the spectral characteristics of chorus in planetary magnetospheres, which has not been understood yet. In the cross-reference simulations, we use the MHD code for the investigation of the range of variation of the spatial scale of the planetary magnetosphere. The electron hybrid code is used to reproduce the generation process of chorus emissions under the initial conditions provided from the MHD simulations. An electron fluid code [Katoh, 2014] is also used for the study of the propagation of chorus emissions in the meridional plane of the magnetosphere. We describe the simulation models used in the developing code and show their initial results.

キーワード：計算機実験、連成計算、惑星磁気圏
Keywords: numerical experiments, cross-reference simulation, planetary magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用
Radiative transfer calculation for various planetary atmospheres: Application to a general circulation model

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1], George HASHIMOTO[2], Kiyoshi Kuramoto[3], Masaki Ishiwatari[3], Yoshiyuki O. Takahashi[1]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Department of Cosmosciences, Graduate School of Sciences, Hokkaido University

近年数多くの惑星が太陽系外に発見されてきている．そのような惑星たちの表層の環境はどういったものであり，それをもたらす大気循環がどういったものでありうるのか，というのは基本的な問題の一つであると言ってよいだろう．このような問題を扱うための最初のステップはこれらの惑星大気の放射特性を明らかにすることである．今日，いわゆる大気大循環モデルがこれらの惑星の表層環境研究にも用いられるようになってきている．しかし，計算の物理的な鍵となる放射伝達の計算には困難がつきまとっている．その一つは，放射計算，特にそのパラメタ計算には膨大な計算資源が必要になるということである．地球大気とは大きく異なるであろう新たな惑星大気群に対して，地球大気で培ってきた放射計算の全体を追跡再検討し，パラメタ的に別途新たに計算し直さなければならない． 本研究では，パラメタ空間に多様な大気構造をもつであろう系外惑星大気の放射計算を行っていく際の手順を整理し，特に，地球・火星・金星を念頭においたパラメタ空間で計算を実現し，大気大循環モデルに試験的に実装した．

大気循環モデルのための放射過程モデル開発においては，まず，ラインバイライン法によって吸収スペクトルを計算生成しなけらえばならないが， ラインバイライン法では膨大な計算資源を必要とする．我々は，高度方向に分割したMPI計算としてこれを並列計算実装することによりパラメタ生成を実現，計算資源の問題を解決した．地球型惑星の典型的な計算条件のもとでは，用いた層の数は10から100といったところである．計算規模のプロセス数に対するスケーラビリティーは非常によい．検証のために，現在の地球，火星，金星での放射フラックスと放射加熱率を計算した．

次に，このラインバイライン計算で得られた吸収係数を用い，相関K-分布法によって，より少ないバンドを用いた二方向近似放射伝達モデルのためのパラメタセットを生成，計算コストを大幅に削減することにより大気大循環モデルに実装可能な放射伝達モデルとした．発表では，放射フラックスと放射加熱率について，地球・火星・金星の観測，これらに対する他の放射モデルの結果，これらに対する我々の放射モデルの結果を比較提示して，その正当性を見るとともに，モデルに実装して数値計算を実現した例について紹介する．

キーワード：惑星大気、放射伝達、地球，火星，金星
Keywords: planetary atmosphere, radiative transfer, Earth, Mars, Venus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6]
*Yoshiki Sakurai[1], Hitomi Furuya[2], Naoki Kobayashi[1], Takashi Ishihara[3], Naoya Okamoto[4], Kenji Shiraishi[5], Masayuki Umemura[6]

1. 名古屋大学大学院工学研究科、2. 筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、4. 名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6. 筑波大学計算科学研究センター
1. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 2. Doctoral and Master's Programs in Physics, Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, 3. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 4. Center for Computational Science, Graduate School of Engineering, Nagoya University, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 6. Center for Computational Science, University of Tsukuba

Planetesimals are believed to form by hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in turbulent flows in a protoplanetary disk. However, several barriers, e.g., radial drift, bouncing, and fragmentation barriers, in the planetesimal formation process are not completely resolved, especially for silicate dust. To resolve these barriers, it is important to accurately understand the role of turbulence in the coagulation process.

In the Minimum-mass Solar Nebula (MMSN) Model (Hayashi 1981), the Reynolds number (Re) and the Mach number (Ma) of turbulence in protoplanetary disks range Re=10^8~10^11 and Ma=0.01~0.32, respectively. Pan et al. (2011) conducted an approximate simulation of compressible turbulence (Ma~1.0) and showed that turbulent clustering may considerably enhance the particle collision rate. Pan & Padoan (2013, 2014, 2015) and Pan et al.(2014) peformed a direct numerical simulation (DNS) of the Navier–Stokes equations on weakly compressible turbulence (Re~1000 and Ma~0.1) at low Re to study the effect of turbulent clustering. Pan & Padoan (2015) found that the rms relative velocity of particle pairs is smaller by more than a factor of two compared to that by turbulent model (Ormel & Cuzzi 2007). Their studies demonstrated that the turbulent clustering should be taken into account to consider the coagulation process.

Recently, Ishihara et al (2018) performed DNSs of incompressible turbulence at high Re (up to Re=16100) to study the motion of dust particles in turbulence. They showed that the collision statistics of the dust particles with large inertia are not so sensitive to the Reynolds number and confirmed that they are consistent with those by Pan & Padoan or Pan et al at low Re. However, the effect of compressibility of turbulence on the collision statistics is not yet quantitatively investigated.

In this paper, we perform DNSs of incompressible and compressible turbulence with Ma=0.1 and 0.3 and set the ratio of dilatation component (ed) and solenoid component (es) of the mean energy dissipation rate (ed/es) to 0.01 and 0.1 to study quantitatively the effect of compressibility of the inertial particle collision statistics. The motion of inertial particles is characterized by the Stokes number (St=tp/T, where

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

tp is the particle stopping time and T is the time-scale of largest eddies), and we track eight sets of inertial particles with from St=0 to St=0.3. Our results are as follows:

(1) The compressibility of turbulent flow is characterized by both of Ma and ed/es.

(2) In case of Ma=0.3, the local Ma can exceed unity so that shocklets can be generated in the turbulent flow.

(3) The local Mach number is high at positions with higher enstrophy.

(4) In case of Ma=0.1-0.3, relative velocity of colliding particles and collision kernel have weak Mach number dependence but may depend when the value of the ratio of ed/es is large.

Our results show that compressibility considered in protoplanetary disk turbulence has little influence on particle collision statistics.

キーワード：微惑星形成、乱流、慣性粒子
Keywords: planetesimal formation, turbulence, inertial particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

Algorithms to use accelerators effectively with FDPS and performance of applications

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4]
*Daisuke Namekata[1], Masaki Iwasawa[1], Keigo Nitadori[1], Kentaro Nomura[1], Long Wang[3,1], Miyuki Tsubouchi[1], Junichiro Makino[2,1,4]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター、2. 神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3. Helmholtz Institut fu ¨r Strahlen und Kernphysik、4. 東京工業大学 地球生命研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Helmholtz Institut fur Strahlen und Kernphysik, 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

粒子法に基づく数値シミュレーションは、惑星と惑星系の形成・進化を理解する上で重要な役割を果たしてきた。コンピュータの計算能力の向上に伴い、現実をより詳細に理解するため、より大規模なシミュレーションや様々な物理過程を考慮したシミュレーションが行われるようになってきている。

しかしながら、現代のHPCシステム上で効率的に動作するシミュレーションコードを開発することはますます困難になっている。この主な理由は、現代のHPCプラットフォームが非常に複雑であり、このようなプラットフォームを効率的に使用できる複雑なプログラムの開発に多くの努力を費やす必要があるためである。典型的なHPCシステムは、多数の計算ノードを限られた通信帯域幅のネットワークで接続したクラスターである。最も大きなシステムでは、計算ノード数は約10万にも達する。このような大規模システム上でシミュレーションコードを効率的に動作させるためには、極めて良いロードバランスを示し、かつ、必要最小限の通信しか要求しないようなコードの開発が必要となる。近年、大規模HPCシステムのアーキテクチャは、経済的な理由から、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムから演算加速装置ベースのシステム、或いは、異種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムへと移行しつつある。このことは、コード開発をより困難にさせる要因になっている。理由の1つは、多くのアプリケーションにとって、CPUと演算加速装置間の通信帯域幅がボトルネックになることである。コード開発はこのことを考慮して行う必要がある。もうひとつの理由は、CPUと演算加速装置は通常別々のメモリ空間を持っており、より複雑なプログラミングが要求され、また既存のプログラムも利用できないことである。このように、コード開発に必要な時間がますます増えており、研究の停滞を招いている。

このような状況を改善するため、我々はFDPS (Framework for Developing Particle Simulators)と呼ばれるフレームワークを開発してきた。FDPSは、研究者が容易に独自の並列粒子シミュレーションコードを開発することを可能にするものである。 FDPSの基本的な考え方は、研究者が独自の粒子データ構造と粒子間相互作用を定義することができるように、粒子シミュレーション用の並列アルゴリズムの(高度に最適化された)実装を「一般的な」形で提供することである。ユーザーから提供される粒子データ型と相互作用関数とともにコンパイルされたFDPSは、並列計算に必要とされるすべての機能を提供する。これら機能を使うことで、研究者はあたかもラップトップコンピュータで動くような単純な非並列プログラムを書くように並列プログラムを書くことができる。FDPSは、京コンピュータやx86プロセッサを搭載したCrayシステムなどのような、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムで高い性能を示すことがわかっている。バージョン2において、我々は演算加速装置を使う相互作用関数を書くことによって、FDPSを演算加速装置と組み合わせて使えるように拡張した。しかしながら、効率は、CPUと演算加速装置間の通信のレイテンシと帯域幅、及び、相互

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

作用関数と演算加速装置の並列度との間の不一致によって制限され、かなり不十分なものであった。

そこで、我々は、FDPSからGPGPUs (General-purpose computing on graphics processing units)のような演算加速装置をより効率的に使用できるようにするため、ユーザから提供される相互作用関数のインターフェース仕様を見直した。また、CPUと演算加速装置間の通信量、及び、CPU側でのタスクを減らす新しい技術の実装を行った。これらの効果を検証するため、NVIDIA Volta GPGPUを搭載したシステム上で、FDPSを使ったN体シミュレーションコードを作成し、性能測定を実施した。得られた性能は理論ピーク性能の約27%であった。

キーワード：計算科学、ソフトウェア開発、演算加速装置
Keywords: Computational Science, Software development, Accelerators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

[J] ポスター発表 | セッション記号 M (領域外・複数領域)：M-GI 地球科学一般・情報地球科学

2019年5月28日(火) 17:15 ~ 18:30 | ポスター会場 幕張メッセ国際展示場 8ホール_49

[M-GI35] 計算科学による惑星形成・進化・環境変動研究の新展開

コンビーナ:林 祥介(神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）)、小河 正基(東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻)、井田 茂(東京工業大学地球生命研究所)、草野 完也(名古屋大学宇宙地球環境研究所)

惑星形成・進化・表層環境の多様性の解明と理解に、計算機シミュレーションは大きな役割を果たしてきた。しかしながら、近年においては、計算機の能力の進歩は続いているにもかかわらず、そのことが必ずしも直接にシミュレーションでできることの改善につながっていない面もある。90年代初頭に比べて計算機は6桁性能向上しているが、我々が行っているシミュレーションは量的にも質的にもそれに見合ったものにはなっていないようにも見える。 本企画セッションでは、「京」コンピュータにいたり、さらにはポスト「京」コンピュータ等を実現しようという今日、これら計算能力の向上をいかにして惑星科学の量的・質的な発展につなげるか、ということをテーマに、惑星形成・進化、惑星内部と表層の構造と進化、それらの多様性について、理論、観測、および数値計算手法についての発表を募り、計算惑星科学の将来計画についての総合的な議論の場とする。 惑星科学に限らず、地球科学のあらゆる分野からの分野横断的な参加を期待する。

[MGI35-P01] Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4] (1.東京工業大学、2.神戸大学、3.一橋大学、4.宇宙航空研究開発機構、5.東京大学)

[MGI35-P02] 火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2] (1.国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構、3.東京大学大学院総合文化研究科)

[MGI35-P03] 高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4] (1.京都大学大学院理学研究科数学教室、2.京都大学数理解析研究所、3.京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4.京都大学防災研究所)

[MGI35-P04] 原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3] (1.名古屋大学、2.大阪大学、3.東京大学)

[MGI35-P05] Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4] (1.東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2.京都大学学術情報メディアセンター、3.九州大学情報基盤研究開発センター、4.神戸大学大学院システム情報学研究科)

[MGI35-P06] 惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1] (1.神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2.岡山大学大学院自然科学研究科、3.北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻)

[MGI35-P07] Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6] (1.名古屋大学大学院工学研究科、2.筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3.岡山大学大学院環境生命科学研究科、4.名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5.名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6.筑波大学計算科学研究センター)

[MGI35-P08] 大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4] (1.理化学研究所 計算科学研究センター、2.神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3.Helmholtz Institut fu¨r Strahlen und Kernphysik、4.東京工業大学 地球生命研究所)

Global N-body Simulation from Inner Region to Outer Region

*小南 淳子[1]、井田 茂[1]、牧野 淳一郎[2]、石城 陽太[5]、台坂 博[3]、藤本 正樹[4]
*Junko Kominami[1], Shigeru Ida[1], Junichiro Makino[2], Yota Ishigaki[5], Hiroshi Daisaka[3], Masaki Fujimoto[4]

1. 東京工業大学、2. 神戸大学、3. 一橋大学、4. 宇宙航空研究開発機構、5. 東京大学
1. Tokyo Institute of Technology, 2. Kobe University, 3. Hitotsubashi University, 4. JAXA, 5. Tokyo University

Most of the past N-body simulations started from initial conditions that were limited to radially narrow disks, for the limit of the particle number. However, several senarios have been proposed to expain the formation of Solar System, which includes the migration of planets radially with tens of AU. Hence, in order to construct the general formation scenario, we need to carry out simulations which cover the whole disk (~0.5AU - 40AU). We carried out the N-body simulation starting from planetesimal disk ranging from 0.5 - 40 AU. Surface density discontinuity at the ice line and the runaway gas accretion of the gas giant planets were included in the simulation. The initial number of particles was ~570000. Further investigation carrying out more simulations using different parameters are necessary. Here we introduce the first simulation that covers wide area of the disk.

キーワード：N体計算、太陽系、微惑星集積
Keywords: N-body simulation, Solar System, planetesimal accretion

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

火成活動とプレートテクトニクスの3次元モデリング: 岩石惑星マントルの熱化学進化の解明に向けた取組み
Attempts at numerical modeling of 3-D mantle convection with magmatism and plate tectonics

*亀山 真典[1,2]、小河 正基[3,2]、宮腰 剛広[2]、柳澤 孝寿[2]
*Masanori Kameyama[1,2], Masaki Ogawa[3,2], Takehiro Miyagoshi[2], Takatoshi Yanagisawa[2]

1. 国立大学法人愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター、2. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、3. 東京大学大学院総合文化研究科
1. Geodynamics Research Center, Ehime University, 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 3. University of Tokyo at Komaba

We are developing 3-D numerical models of mantle convection including the effects of mantle magmatism and plate tectonics, in order to deepen the insights into the thermo-chemical evolution of the mantles of terrestrial bodies. The mantle magmatism is modeled by the generation of liquid phase (magma) owing to the pressure-release melting induced by ascending flows of solid-state convection and the motion of the generated magma as a permeable flow through the solid matrix driven by a buoyancy due to the density difference between the solid and the liquid phases. The coherent motion of tectonic plates is, on the other hand, helped by the narrow zones of low viscosity within the highly viscous "lithosphere" along the top cold surface generated by the stress-history-dependent rheology. However, despite their crucial roles in controlling the overall flow structures, these two mechanisms are incompatible with the solid-state convection of the mantle in essence from the numerical aspects: the localized irregularities caused by them severely deteriorate the large-scale numerical solution of solid-state convection particularly by the multigrid method. In this presentation, we will show the current status and outcrops of our attempts to overcome the numerical difficulty, together with some examples of 3-D experiments running on massive (super)computers.

キーワード：岩石惑星、マントルダイナミクス、マントル内火成活動、プレートテクトニクス
Keywords: rocky planets, mantle dynamics, mantle magmatism, plate tectonics

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

高速回転する球殻内の非弾性熱対流により引き起こされる表面帯状流
Surface zonal flows induced by anelastic thermal convection in a rapidly rotating spherical shell

*佐々木 洋平[1]、竹広 真一[2]、石岡 圭一[3]、榎本 剛[4]
*Youhei SASAKI[1], Shin-ichi Takehiro[2], Keiichi ISHIOKA[3], Takeshi Enomoto[4]

1. 京都大学大学院理学研究科数学教室、2. 京都大学数理解析研究所、3. 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻、4. 京都大学防災研究所
1. Department of Mathematics, Kyoto University, 2. Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, 3. Department of Earth and Planetary Sciences, Kyoto University, 4. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

木星型惑星(木星・土星)表層大気の力学的な特色である縞状パターンはこれまでに多くの大気科学研究者の関心を引いてきたが、現在のところ、これらの特徴を矛盾なく整合的に説明できる満足な力学的描像と理解は得られてはいない。本研究は、スーパーコンピュータを用いて、全球規模から微細規模対流までにわたる空間スケールを統一的にあつかう大規模数値計算を実行し、従来の数値モデルでは表現できなかった微細規模の対流や乱流の構造を解像し、木星型惑星大気に見られる表面流の大規模構造の力学的成因を解明することを目指している。

この目的のために、今回われわれは深さ方向の密度成層を考慮した回転球殻非弾性系熱対流モデルを構築し、その大規模並列化を行った。スペクトル変換ライブラリを緯度方向に加えて動径方向にもMPI並列を可能にすべく改良した。その結果、これまで緯度方向格子点数によって制限されていた並列処理の限界を伸ばすことに成功し、より大規模な並列計算が可能となった。

このように構築した回転球殻非弾性系熱対流モデルを用いて先行研究の一つである Gastine et al.(2014) の Case2 を追試し、さらに元論文よりも長時間の時間積分を実行した。その結果、時間積分が粘性拡散時間程度に短い場合には元論文と整合的な表面帯状流分布が得られたが、より長く積分すると高緯度の順行帯上流が発達し目立ってくる結果が得られた。 このことは、先行研究で得られている帯状流分布が統計的平衡状態でないことを示唆している。

キーワード：木星型惑星、非弾性系
Keywords: Jovian planets, anelastic system

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

原始惑星系円盤の降着が駆動する原始星フレア
Protostellar flares driven by accretion in protoplanetary disks

*高棹 真介[1]、富田 賢吾[2]、岩崎 一成[2]、鈴木 建[3]
*Shinsuke Takasao[1], Kengo Tomida[2], Shinsuke Takasao[2], Takeru Suzuki[3]

1. 名古屋大学、2. 大阪大学、3. 東京大学
1. Nagoya University, 2. Osaka University, 3. University of Tokyo

X線観測から原始星は激しい爆発を頻発していることが知られており、惑星形成のビルディングブロックとなるコンドリュールの形成などに重要だという議論がある。その爆発現象は原始星フレアと呼ばれており、X線の光度曲線の振る舞いなどは太陽フレアと似ていることから太陽フレアと同様に磁気エネルギーを解放する爆発現象だと考えられている。しかしそのエネルギーは太陽フレアの100-100,000倍にも及び、この莫大なエネルギーから推測されるフレアのサイズは星半径を超える可能性がある。したがって、太陽フレアとは異なる機構でエネルギー蓄積が起きていると考えられる。しかしそのエネルギー蓄積機構やフレアの発生過程は未だ謎に包まれている。我々は原始星と降着円盤が相互作用する状況を３次元磁気流体シミュレーションで考察し、原始星フレアの発生機構を調べた。その結果、観測される原始星フレアのエネルギーと整合的な爆発を再現することに成功した。解析の結果、円盤降着が磁束を原始星に集める働きがありそれがフレアのエネルギー蓄積になることを発見した。本講演ではシミュレーション結果をもとに原始星フレアの発生機構について議論する。

キーワード：原始惑星系円盤、フレア
Keywords: protoplanetary disks, flare

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Cross-reference simulations by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres

*加藤 雄人[1]、深沢 圭一郎[2]、南里 豪志[3]、三宅 洋平[4]
*Yuto Katoh[1], Keiichiro Fukazawa[2], Takeshi Nanri[3], Yohei Miyake[4]

1. 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻、2. 京都大学学術情報メディアセンター、3. 九州大学情報基盤研究開発センター、4. 神戸大学大学院システム情報学研究科
1. Department of Geophysics, Graduate School of Science, Tohoku University, 2. Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, 3. Research Institute for Information Technology, Kyushu University, 4. Graduate School of System Informatics, Kobe University

We have been developing a cross-reference simulation code by scalable communication library for the study of wave-particle interactions in planetary magnetospheres. We use Advanced Communication Primitives (ACP; http://ace-project.kyushu-u.ac.jp/main/jp/01_overview/) library for the communication among the simulation codes, which enables us to carry out 'strong' cross-reference simulations; the data exchange among simulation codes is conducted by direct memory access, instead of file output as has been used in conventional 'weak' cross-reference simulations. By a series of electron-hybrid and MHD cross-reference simulations, we study the generation and propagation of whistler-mode chorus emissions in the planetary magnetosphere. Chorus emissions are electromagnetic plasma waves commonly observed in planetary magnetospheres and are a group of coherent wave elements changing their frequency in time. While the generation process of chorus has been reproduced by numerical experiments [e.g., Katoh and Omura, GRL 2007a] and has been explained by the nonlinear wave growth theory [Omura et al., JGR 2008, 2009], previous studies revealed similarities and differences of the spectral characteristics of chorus in planetary magnetospheres, which has not been understood yet. In the cross-reference simulations, we use the MHD code for the investigation of the range of variation of the spatial scale of the planetary magnetosphere. The electron hybrid code is used to reproduce the generation process of chorus emissions under the initial conditions provided from the MHD simulations. An electron fluid code [Katoh, 2014] is also used for the study of the propagation of chorus emissions in the meridional plane of the magnetosphere. We describe the simulation models used in the developing code and show their initial results.

キーワード：計算機実験、連成計算、惑星磁気圏
Keywords: numerical experiments, cross-reference simulation, planetary magnetosphere

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

惑星大気の放射伝達計算: 大気大循環モデルへの適用
Radiative transfer calculation for various planetary atmospheres: Application to a general circulation model

*林 祥介[1]、はしもと じょーじ[2]、倉本 圭[3]、石渡 正樹[3]、高橋 芳幸[1]
*Yoshi-Yuki Hayashi[1], George HASHIMOTO[2], Kiyoshi Kuramoto[3], Masaki Ishiwatari[3], Yoshiyuki O. Takahashi[1]

1. 神戸大学・大学院理学研究科 惑星学専攻/惑星科学研究センター（CPS）、2. 岡山大学大学院自然科学研究科、3. 北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻
1. Department of Planetology/CPS, Graduate School of Science, Kobe University, 2. Department of Earth Sciences, Okayama University, 3. Department of Cosmosciences, Graduate School of Sciences, Hokkaido University

近年数多くの惑星が太陽系外に発見されてきている．そのような惑星たちの表層の環境はどういったものであり，それをもたらす大気循環がどういったものでありうるのか，というのは基本的な問題の一つであると言ってよいだろう．このような問題を扱うための最初のステップはこれらの惑星大気の放射特性を明らかにすることである．今日，いわゆる大気大循環モデルがこれらの惑星の表層環境研究にも用いられるようになってきている．しかし，計算の物理的な鍵となる放射伝達の計算には困難がつきまとっている．その一つは，放射計算，特にそのパラメタ計算には膨大な計算資源が必要になるということである．地球大気とは大きく異なるであろう新たな惑星大気群に対して，地球大気で培ってきた放射計算の全体を追跡再検討し，パラメタ的に別途新たに計算し直さなければならない． 本研究では，パラメタ空間に多様な大気構造をもつであろう系外惑星大気の放射計算を行っていく際の手順を整理し，特に，地球・火星・金星を念頭においたパラメタ空間で計算を実現し，大気大循環モデルに試験的に実装した．

大気循環モデルのための放射過程モデル開発においては，まず，ラインバイライン法によって吸収スペクトルを計算生成しなけらえばならないが， ラインバイライン法では膨大な計算資源を必要とする．我々は，高度方向に分割したMPI計算としてこれを並列計算実装することによりパラメタ生成を実現，計算資源の問題を解決した．地球型惑星の典型的な計算条件のもとでは，用いた層の数は10から100といったところである．計算規模のプロセス数に対するスケーラビリティーは非常によい．検証のために，現在の地球，火星，金星での放射フラックスと放射加熱率を計算した．

次に，このラインバイライン計算で得られた吸収係数を用い，相関K-分布法によって，より少ないバンドを用いた二方向近似放射伝達モデルのためのパラメタセットを生成，計算コストを大幅に削減することにより大気大循環モデルに実装可能な放射伝達モデルとした．発表では，放射フラックスと放射加熱率について，地球・火星・金星の観測，これらに対する他の放射モデルの結果，これらに対する我々の放射モデルの結果を比較提示して，その正当性を見るとともに，モデルに実装して数値計算を実現した例について紹介する．

キーワード：惑星大気、放射伝達、地球，火星，金星
Keywords: planetary atmosphere, radiative transfer, Earth, Mars, Venus

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

Effect of the compressibility of turbulent flows on dust particle collision statistics in a protoplanetary disk

*櫻井 幹記[1]、古谷 眸[2]、小林 直樹[1]、石原 卓[3]、岡本 直也[4]、白石 賢二[5]、梅村 雅之[6]
*Yoshiki Sakurai[1], Hitomi Furuya[2], Naoki Kobayashi[1], Takashi Ishihara[3], Naoya Okamoto[4], Kenji Shiraishi[5], Masayuki Umemura[6]

1. 名古屋大学大学院工学研究科、2. 筑波大学数理物質科学研究科物理学専攻、3. 岡山大学大学院環境生命科学研究科、4. 名古屋大学大学院工学研究科附属計算科学連携教育研究センター、5. 名古屋大学未来材料・システム研究所 附属未来エレクトロニクス集積研究センター、6. 筑波大学計算科学研究センター
1. Graduate School of Engineering, Nagoya University, 2. Doctoral and Master's Programs in Physics, Graduate School of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, 3. Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University, 4. Center for Computational Science, Graduate School of Engineering, Nagoya University, 5. Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University, 6. Center for Computational Science, University of Tsukuba

Planetesimals are believed to form by hierarchical coagulation from submicron-size dust particles to kilometer-size bodies in turbulent flows in a protoplanetary disk. However, several barriers, e.g., radial drift, bouncing, and fragmentation barriers, in the planetesimal formation process are not completely resolved, especially for silicate dust. To resolve these barriers, it is important to accurately understand the role of turbulence in the coagulation process.

In the Minimum-mass Solar Nebula (MMSN) Model (Hayashi 1981), the Reynolds number (Re) and the Mach number (Ma) of turbulence in protoplanetary disks range Re=10^8~10^11 and Ma=0.01~0.32, respectively. Pan et al. (2011) conducted an approximate simulation of compressible turbulence (Ma~1.0) and showed that turbulent clustering may considerably enhance the particle collision rate. Pan & Padoan (2013, 2014, 2015) and Pan et al.(2014) peformed a direct numerical simulation (DNS) of the Navier–Stokes equations on weakly compressible turbulence (Re~1000 and Ma~0.1) at low Re to study the effect of turbulent clustering. Pan & Padoan (2015) found that the rms relative velocity of particle pairs is smaller by more than a factor of two compared to that by turbulent model (Ormel & Cuzzi 2007). Their studies demonstrated that the turbulent clustering should be taken into account to consider the coagulation process.

Recently, Ishihara et al (2018) performed DNSs of incompressible turbulence at high Re (up to Re=16100) to study the motion of dust particles in turbulence. They showed that the collision statistics of the dust particles with large inertia are not so sensitive to the Reynolds number and confirmed that they are consistent with those by Pan & Padoan or Pan et al at low Re. However, the effect of compressibility of turbulence on the collision statistics is not yet quantitatively investigated.

In this paper, we perform DNSs of incompressible and compressible turbulence with Ma=0.1 and 0.3 and set the ratio of dilatation component (ed) and solenoid component (es) of the mean energy dissipation rate (ed/es) to 0.01 and 0.1 to study quantitatively the effect of compressibility of the inertial particle collision statistics. The motion of inertial particles is characterized by the Stokes number (St=tp/T, where

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

tp is the particle stopping time and T is the time-scale of largest eddies), and we track eight sets of inertial particles with from St=0 to St=0.3. Our results are as follows:

(1) The compressibility of turbulent flow is characterized by both of Ma and ed/es.

(2) In case of Ma=0.3, the local Ma can exceed unity so that shocklets can be generated in the turbulent flow.

(3) The local Mach number is high at positions with higher enstrophy.

(4) In case of Ma=0.1-0.3, relative velocity of colliding particles and collision kernel have weak Mach number dependence but may depend when the value of the ratio of ed/es is large.

Our results show that compressibility considered in protoplanetary disk turbulence has little influence on particle collision statistics.

キーワード：微惑星形成、乱流、慣性粒子
Keywords: planetesimal formation, turbulence, inertial particle

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

大規模並列粒子シミュレーションコード開発用フレームワーク FDPS 上で演算加速装置を効率的に利用するためのアルゴリズムとそれを用いたアプリケーション性能

Algorithms to use accelerators effectively with FDPS and performance of applications

*行方 大輔[1]、岩澤 全規[1]、似鳥 啓吾[1]、野村 昴太郎[1]、Long Wang[3,1]、坪内 美幸[1]、牧野 淳一郎[2,1,4]
*Daisuke Namekata[1], Masaki Iwasawa[1], Keigo Nitadori[1], Kentaro Nomura[1], Long Wang[3,1], Miyuki Tsubouchi[1], Junichiro Makino[2,1,4]

1. 理化学研究所 計算科学研究センター、2. 神戸大学 大学院理学研究科 惑星学専攻、3. Helmholtz Institut fu ¨r Strahlen und Kernphysik、4. 東京工業大学 地球生命研究所
1. RIKEN Center for Computational Science, 2. Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 3. Helmholtz Institut fur Strahlen und Kernphysik, 4. Earth-Life Science Institute, Tokyo Institute of Technology

粒子法に基づく数値シミュレーションは、惑星と惑星系の形成・進化を理解する上で重要な役割を果たしてきた。コンピュータの計算能力の向上に伴い、現実をより詳細に理解するため、より大規模なシミュレーションや様々な物理過程を考慮したシミュレーションが行われるようになってきている。

しかしながら、現代のHPCシステム上で効率的に動作するシミュレーションコードを開発することはますます困難になっている。この主な理由は、現代のHPCプラットフォームが非常に複雑であり、このようなプラットフォームを効率的に使用できる複雑なプログラムの開発に多くの努力を費やす必要があるためである。典型的なHPCシステムは、多数の計算ノードを限られた通信帯域幅のネットワークで接続したクラスターである。最も大きなシステムでは、計算ノード数は約10万にも達する。このような大規模システム上でシミュレーションコードを効率的に動作させるためには、極めて良いロードバランスを示し、かつ、必要最小限の通信しか要求しないようなコードの開発が必要となる。近年、大規模HPCシステムのアーキテクチャは、経済的な理由から、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムから演算加速装置ベースのシステム、或いは、異種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムへと移行しつつある。このことは、コード開発をより困難にさせる要因になっている。理由の1つは、多くのアプリケーションにとって、CPUと演算加速装置間の通信帯域幅がボトルネックになることである。コード開発はこのことを考慮して行う必要がある。もうひとつの理由は、CPUと演算加速装置は通常別々のメモリ空間を持っており、より複雑なプログラミングが要求され、また既存のプログラムも利用できないことである。このように、コード開発に必要な時間がますます増えており、研究の停滞を招いている。

このような状況を改善するため、我々はFDPS (Framework for Developing Particle Simulators)と呼ばれるフレームワークを開発してきた。FDPSは、研究者が容易に独自の並列粒子シミュレーションコードを開発することを可能にするものである。 FDPSの基本的な考え方は、研究者が独自の粒子データ構造と粒子間相互作用を定義することができるように、粒子シミュレーション用の並列アルゴリズムの(高度に最適化された)実装を「一般的な」形で提供することである。ユーザーから提供される粒子データ型と相互作用関数とともにコンパイルされたFDPSは、並列計算に必要とされるすべての機能を提供する。これら機能を使うことで、研究者はあたかもラップトップコンピュータで動くような単純な非並列プログラムを書くように並列プログラムを書くことができる。FDPSは、京コンピュータやx86プロセッサを搭載したCrayシステムなどのような、同種のマルチコアプロセッサで構成されるシステムで高い性能を示すことがわかっている。バージョン2において、我々は演算加速装置を使う相互作用関数を書くことによって、FDPSを演算加速装置と組み合わせて使えるように拡張した。しかしながら、効率は、CPUと演算加速装置間の通信のレイテンシと帯域幅、及び、相互

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.

作用関数と演算加速装置の並列度との間の不一致によって制限され、かなり不十分なものであった。

そこで、我々は、FDPSからGPGPUs (General-purpose computing on graphics processing units)のような演算加速装置をより効率的に使用できるようにするため、ユーザから提供される相互作用関数のインターフェース仕様を見直した。また、CPUと演算加速装置間の通信量、及び、CPU側でのタスクを減らす新しい技術の実装を行った。これらの効果を検証するため、NVIDIA Volta GPGPUを搭載したシステム上で、FDPSを使ったN体シミュレーションコードを作成し、性能測定を実施した。得られた性能は理論ピーク性能の約27%であった。

キーワード：計算科学、ソフトウェア開発、演算加速装置
Keywords: Computational Science, Software development, Accelerators

©2019. Japan Geoscience Union. All Right Reserved.